

VERLETZUNGEN
KOLLISIONSNAHER GURTTRÄGER
BEIM SEITENAUFPRALL

Thomas Steiger

*Liss
München
1984*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554004_0011

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. W. Spann

VERLETZUNGEN KOLLISIONSNAHER
GURTRÄGER BEIM SEITENAUFPRALL

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Thomas Steiger
aus München

Jahr 1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Dr. med. habil. G. Beier

Mitberichterstatter: Prof. Dr. W. Spann

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Oktober 1984

Herrn Prof. Dr. W. Spann danke ich für die
Überlassung des Themas.

Ganz herzlich danke ich Herrn Priv.-Doz. Dr.
rer. nat. Dr. med. habil. G. Beier für die
Betreuung bei dieser Arbeit und die Hilfestellung
bei der Auswertung der Daten am Computer.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. LITERATUR	4
1. Untersuchungsmöglichkeiten	4
2. Wirkung des Sicherheitsgurtes bei Verletzungen	7
3. Seitenkollisionen	9
a) Allgemeines	9
b) Definition	11
c) Kollisionsgeschwindigkeit - Kollisionswinkel - Stoßrichtung - Stoßpunkte - Kollisionsflächen	13
d) Intrusion und Fahrgastzelle	19
4. Verletzungen	25
5. Ungelöste Probleme bei Seitenkollisionen	33
III. METHODE	35
1. Untersuchungsmaterial	35
2. Anstoßgeometrie - Insassenbewegung - Kollisionsanalyse	36
3. Bewertung der Verletzungen	48
IV. ERGEBNISSE	50
1. Stoßfläche II	54
2. Stoßfläche I	72
3. Seitlich-frontale Stoßrichtung	85
V. DISKUSSION	111
VI. ZUSAMMENFASSUNG	126
VII. ANHANG: FOTODOKUMENTATION	128
VIII. LITERATURVERZEICHNIS	151

I. EINLEITUNG

Seit 1. Januar 1976 gilt die Verordnung, wonach "vorgeschriebene Sicherheitsgurte für die Vorderseite von Kraftfahrzeugen während der Fahrt angelegt sein müssen" (§ 21a StVO). Von 1.8.84 an haben Nichtgurtträger auf den Vordersitzen außerdem mit einem Bußgeld von DM 40,-- zu rechnen. Darüber hinaus mindern sich die Ersatzansprüche des nicht angegurteten Verletzten entsprechend den Bestimmungen über mitwirkendes Verschulden des Beschädigten gemäß § 254 BGB. Voraussetzung für die Anwendung vorgenannter Bestimmung ist, daß die Verletzung des Beschädigten vermieden oder gemindert worden wäre, falls er angeschnallt gewesen wäre. Zur Lösung dabei sich ergebender Beweisschwierigkeiten wird vielfach auf die Grundsätze des Anscheinsbeweises zurückgegriffen (Urteil des BGH vom 20.3.1979). Dies gilt jedoch bisher nur für Frontalkollisionen, nicht aber für Seitenkollisionen, da hier eine Schutzwirkung des Gurtes weniger augenscheinlich ist, bisweilen gar bezweifelt wird. Generalisierende Regeln wurden bisher nicht aufgestellt.

Fragen der Verletzungen bei Sicherheitsgurtträgern sind seitdem immer mehr in den Vordergrund der Unfallforschung getreten. Zunächst umfaßten die Untersuchungen Kollisionsanalysen bei frontalen Zusammenstößen und die dabei auftretenden Verletzungen. Im Lauf der Jahre erweiterte sich die Forschungstätigkeit. Man bezog neue Kriterien wie z. B. Anstoßrichtung, Deformationsgrad der Fahrzeuge, Intrusionstiefe und Widerstandsverhalten der Fahrgastzelle mit ein.

Noch 1977 stellte Danner (12) fest, daß "Ergebnisse über Seitenkollisionen mit angegurteten Insassen bisher noch sehr selten sind und sich meistens auf die Beschreibung von Einzelfällen beschränken" (S. 10). In letzter Zeit rücken die Vorgänge bei Seitenkollisionen zunehmend in den Brennpunkt der Betrachtungen. Allerdings sind auch heute noch zahlrei-

che Fragen gerade bei diesem Problemkreis offen. Die Unfallforschung ist weder ausgeschöpft, noch war sie erfolglos, auch bei der Untersuchung von Seitenkollisionen. Es bleibt ein Unbehagen, daß man nur Teilerfolge erzielt hat, was nicht zuletzt aus der Tatsache resultiert, daß man für die Aufklärung der Verkehrsunfallursachen vor allem auf den mittelbaren Weg der statistischen Untersuchungen angewiesen war (Danner (13)).

Die Europäische Gemeinschaft (EG) hat seit Mitte 1978 ein Forschungsförderungsprogramm mit dem Titel "Gegenseitige Beeinflussung von Fahrzeuginsassen in Frontal-, Seiten- und Heckunfällen" begonnen mit dem Ziel, den Kenntnisstand auf dem Gebiet der Biomechanik zu heben. Bei einem Jahresetat von etwa 2,5 Millionen DM werden Forschungsprojekte in mehreren west- und nordeuropäischen Ländern mit einem Anteil von rund 40 % unterstützt (17). Weltweit geht man mehr und mehr dazu über, an Kliniken intensive Studien über Gurtverletzungen durchzuführen bzw. das Unfallgeschehen anhand entsprechender Unterlagen retrospektiv zu analysieren.

Wichtig für die Unfallforschung ist gerade der Bezug zum Einzelfall. Für die Weiterentwicklung und Verbesserung der Sicherheit von Kraftfahrzeugen ist die Kenntnis der Zusammenhänge über Art und Schwere der Verletzungen sowie deren Beziehung zur Lage und Schwere der Beschädigungen in und am Fahrzeug eine unabdingbare Voraussetzung (Danner (13)). Dies gilt insbesondere für rechtsmedizinische Fragestellungen, wenn im Einzelfall eine Beurteilung dahingehend abgegeben werden muß, ob der Sicherheitsgurt zur Verminderung der Verletzungen beigetragen hat oder beigetragen hätte. Für Seitenkollisionen liegen bisher kaum aussagekräftige Untersuchungen vor, die als Grundlage zur Beantwortung dieser Fragestellung dienen können.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher, die bei Seitenkollisionen auftretenden Verletzungen angegurteter PKW-In-sassen mit Hilfe einer Kollisionsanalyse zu erfassen und

aufzuzeigen, wobei die Relativbewegung der Insassen für die Verletzungen maßgebend war. Bei Seitenkollisionen liegen grundsätzlich unterschiedliche Verhältnisse für kollisionsnahe und kollisionsferne Insassen vor. In dieser Arbeit wird nur über kollisionsnahe Insassen berichtet.

Die Analyse der Unfälle wurde gemeinsam mit Herrn M. Schober durchgeführt, der in einer getrennten Arbeit auf die Verletzungen kollisionsferner Insassen eingehen wird (33).

II. LITERATUR

1. Untersuchungsmöglichkeiten

Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über die in den letzten Jahren durchgeführten Unfalluntersuchungen. Dabei werden zwei Arten des Vorgehens praktiziert. Die eine Gruppe von Autoren arbeitet experimentell mit Leichen bzw. "Dummies", die andere wertet Unfallunterlagen aus.

Zu ersten Gruppe gehören z. B. Cesari et al. (10), die Tests mit Leichen vornahmen. Dabei wurde eine Vorrichtung benutzt, um wirklichkeitsgetreue Zusammenstöße zu simulieren. Sie bestand aus einem fixierten Rahmen und einem Impactor (23,1 kg Gewicht), der horizontal gegen die auf einem fixierten Sitz befindliche Leiche geschleudert wurde. Stoßkraft und Stoßgeschwindigkeit wurden dabei gemessen und die Geschwindigkeit des Impactors so lange erhöht, bis eine Thoraxfraktur auftrat. Zwei Akzelerometer - jeweils am seitlichsten Punkt der 4. linken und rechten Rippe befestigt - hielten die Thoraxbeschleunigung fest. Bei den Versuchen befand sich zum einen der Arm auf der Stoßseite des Impactors entlang des Thorax, zum anderen vor dem Thorax. Cesari et al. gingen nämlich davon aus, daß Thoraxverletzungen in Beziehung zur Intrusion stehen und dabei die Position des getroffenen Arms Auswirkungen auf Thoraxverletzungen haben könne.

Foret-Bruno et al. (18) befaßten sich mit der In-sassengeschwindigkeitsänderung bei Seitenkollisionen, um sie dann auf 60 reale Unfälle anzuwenden. Dabei gingen sie von folgenden Annahmen aus:

- Kollisionswinkel $90^\circ \pm 30^\circ$
- Geschwindigkeit des gestoßenen Fahrzeugs 0
oder vernachlässigbar
- Geschwindigkeit des aufprallenden Pkw 35 km/h
- Vorhandensein eines Insassen, der gegen die gestoßene Wand gedrückt wird.

Sie versuchten den Zusammenhang zwischen Insassenbeschleunigung und Verletzungsschwere aufzuzeigen bei Pkw's, die praktisch keine Innenausstattung hatten. Außerdem stellten sie fest, daß noch eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein müßten, um ihre Methode auf reale Unfälle anwenden zu können:

- ein Kollisionswinkel von $90^\circ \pm 30^\circ$
- Geschwindigkeit des gestoßenen Fahrzeugs nicht mehr als 20 % derjenigen des stoßenden Fahrzeugs
- Sitzposition des Insassen in der Stoßrichtung der eindringenden Seitenstruktur.

Da Versuche mit "Dummies" bzw. Leichen stets der Verifizierung durch Vergleiche mit realen Unfällen bedürfen, stützt sich die zweite Gruppe von Autoren auf Unfallunterlagen. So wies Langwieder (22) in einem Referat auf der "IRCOBI"¹-Conference" 1977 in Berlin auf Seitenkollisionen von Pkw's mit Lkw's und Objekten hin, wobei er versicherungsrechtliche Unfallunterlagen auswertete. Anhand von 94 Pkw/Lkw- und 58 Pkw/Objekt-Kollisionen stellte er die Unfallcharakteristik und die resultierenden Unfallfolgen dar. Außerdem zeigte er typische dabei auftretende Formveränderungen auf und diskutierte die Pkw-Strukturbeanspruchung. Der gleiche Autor untersuchte 1976 1111 Pkw/Lkw-Kollisionen, bei denen mindestens ein Insasse in einem der beteiligten Fahrzeuge eine leichte Verletzung erlitten hatte. Bei 154 Unfällen (13,9 %) hiervon lag der Beschädigungsbereich an der Seite des Pkw. Als Ergebnis wurde ein hohes relatives Verletzungsrisiko bei Lkw-Kollisionen in die Seitenfläche des Pkw ermittelt (28).

Anhand von 15000 ausgewerteten Pkw-Unfällen mit Personenverletzungen aus dem Jahre 1974 beim HUK-Verband wurde versucht, Erkenntnisse über die äußere Unfallsituation, die Fahrzeugbeschädigungen und die Verletzungsfolgen anzugeben. Die Bedeutung der Seitenkollisionen und die

)1 "International Research Committee on Biokinetics of Impacts"

Wichtigkeit von verbesserten Schutzkriterien bei dieser Untersuchung zeigen sich an der Häufigkeit von seitlichen Beschädigungen mit einem Anteil von 22,2 % (Geschädigter) bzw. 31,1 % (Unfallverursacher). Daraus wird gefolgert, daß Sicherheitsmaßnahmen bei seitlichen Beschädigungen vor allem über strukturelle Veränderungen in der Seitenfläche und über kompatible Gestaltung von Fahrzeugen möglich sind (36).

2. Wirkung des Sicherheitsgurtes bei Verletzungen

Zur Frage des Nutzens von Sicherheitsgurten schreibt beispielsweise Rüter (32) in seiner Literaturanalyse (S. 6):

"Die Schutzwirkung von Sicherheitsgurten gilt in allen Bereichen der Unfallforschung als unumstritten, obgleich der Sicherheitsgurt Verletzungen keineswegs ausschließt, ja sogar verursachen kann".

Er stellt fest, daß die Verletzungsminderung durch den Gurt zwischen 40 % und 90 % von den einzelnen Autoren angegeben wird mit einem Schwerpunkt bei 50 % bis 60 %. Dabei ist der Grad der Verletzungsminderung abhängig von der Gurtbelastung, d. h. besonders von der Kollisionsgeschwindigkeit, mit deren Zunahme die Verletzungsminderung sinkt (27) (38).

Aufgrund einer Auswertung von 500 Unfällen kommt Langwieder (24) zu folgenden Ergebnissen (S. 3):

- "(1) 40 % der heutigen Verletzungen nichtangegurteter Insassen könnten überhaupt vermieden werden,
- (2) die Reduzierung der schweren Verletzungen von Fahrer und Beifahrer beträgt ca. 50 % bis 70 %,
- (3) die Gefahr von tödlichen Verletzungen wird um mindestens 50 % verringert".

Im Fall der Seitenkollision wies er vor allem auf die Schutzwirkung des Gurtes für den kollisionsfernen Insassen hin (vgl. auch Danner (12)). Nach Beier et al. (5) (6) (7) reduziert sich im gesamten Unfallgeschehen das Risiko, schwer verletzt zu werden auf 1/10, das Risiko getötet zu werden auf 1/4. Beim direkten seitlichen Anstoß stellten Beier et al. nur bei 7 % (2 von 28 Gurtträgern) eine Schutzwirkung fest, bei einem hohen Anteil an Getöteten (36 %).

Darüber hinaus bestehen folgende Verbesserungsmöglichkeiten am Gurtsystem selbst:

- Integrierte Sitz-Gurtsysteme zur Anpassung der Gurtgeometrie an unterschiedliche Körpergrößen
 - Verringerung der Gurtlose durch die Verwendung von Gurtstrammern mit Kraftbegrenzern
 - Zusatzsysteme, die z. B. durch eine Klemmvorrichtung den Filmspuleneffekt der Automatik weiter reduzieren
 - optimale Gestaltung des Pkw-Innenraumes besonders hinsichtlich Lenkrad/Lenksäule und Armaturenbrett
 - Lenkrad-"Airbag" (beim Aufprall explosionsartig sich mit Luft füllendes Kissen) mit programmierter Verzögerung durch den Gurt
 - Verbesserung beim Rücksitzgurt
 - Vermeidung von Interaktionsmöglichkeiten zwischen Insassen und Gepäck
 - Lösbarkeit des Gurtes
- (vgl. Langwieder (24), Rüter (32)).

Durch diese Verbesserungen könnte auch bei höheren Geschwindigkeiten als 50 bis 60 km/h eine Reduzierung der Verletzungen erreicht werden.

Darüber hinaus sind leichte HWS-Verletzungen möglich, weil der Oberkörper im Gurt zurückgehalten wird und daher eine starke Kopffrotation erfolgen kann (Danner (12), Walz (39)).

Insgesamt gesehen sind 5 bis 10 % aller Verletzungen gurtspezifisch, vorwiegend allerdings leichte bis mittelschwere Verletzungen im Gurtauflagenbereich (Rüter (32)).

3. Seitenkollisionen

a) Allgemeines

Im folgenden werden nur Seitenkollisionen behandelt, somit nicht Frontalkollisionen, Heckanstöße, Fahrzeugüberschlag und Unterfahrungen.

Seitenkollisionen stehen im Hinblick auf Kollisionshäufigkeit und Häufigkeit der Beschädigungen hinter den Frontalzusammenstößen an zweiter Stelle. Die einzelnen Autoren unterscheiden sich zwar in der Aussage über die jeweiligen Prozentsätze, in der Angabe der Spanne zwischen oberer und unterer Grenze stimmen sie jedoch überein.

Nach einer in den USA durchgeführten Studie von Miller^{)x} ist der Fahrzeugseitenanprall mit 13 % Anteil am Unfallgeschehen wesentlich seltener als der Frontalzusammenstoß mit 59 %, verursacht jedoch mit 17 % gegenüber 9 % häufiger schwere und tödliche Verletzungen.

Bei 228 Fahrzeugunfällen mit 345 beteiligten Pkw lag nach Suren et al. (35) der Stoßpunkt zu 65 % frontal, zu 25 % seitlich am Fahrzeug. In 65 Fahrzeugen mit ausschließlicher und in der Höhe der Fahrgastzelle liegender Seitendeformation befanden sich 81 Insassen, 70 Personen wurden verletzt, 9 davon tödlich.

Beier et al. (5) (6) (7) kamen zu folgendem Ergebnis:

66 % Frontalkollisionen

21 % Seitenkollisionen.

Das Unfallmaterial, das auch Grundlage dieser Untersuchung war, umfaßte 220 Pkw-Unfälle im Großraum Mün-

^{)x} P.M. Miller (The Crashworthiness of Automobiles Scient. Amer. Vol. 228,2 (1973), zitiert nach Suren et al. (35, S. 351)).

chen mit 238 schwerverletzten oder getöteten angegurten Insassen. 50 (21 %) Gurtträger wurden infolge eines seitlichen Aufpralls verletzt, 28 (11,8 %) davon durch einen direkten Anstoß (vgl. Seite 35).

Der HUK-Verband untersuchte 1974 15000 Pkw-Unfälle mit Personenverletzungen (36). Danach entfielen auf

Frontalkollisionen	58,1 %
Seitenkollisionen	27,4 %.

Eine weitere Unterteilung nach Unfallarten ergab:

Frontalkollisionen	68,5 %	
Seitenkollisionen	31,1 %	bei Alleinunfällen
Frontalkollisionen	47,9 %	bei unfallunschul-
Seitenkollisionen	22,2 %	digen Partnern
Frontalkollisionen	63,6 %	bei Unfallver-
Seitenkollisionen	31,1 %	ursachern.

Seiffert et al. (34) führen an:

Frontalkollisionen	57,1 %	
Seitenkollisionen	24,9 %	für Europa
Frontalkollisionen	52,7 %	
Seitenkollisionen	17,7 %	für USA

Cesari et al. (9) sprechen von Seitenkollisionen bei 20 bis 30 % aller Unfälle,

Hobbs (20) von 62 % Frontal- und 22 % Seitenkollisionen (einschließlich der seitlich-frontalen Kollisionen).

Danner et al. (11) zählen seitlich-frontale Kollisionen mit 39 % zu den häufigsten Kollisionsarten.

Gegliedert nach Kollisionstypen sind Pkw/Pkw-Kollisionen weitaus am häufigsten (78 %), es folgen Pkw/Objekt- (17,4 %) und Pkw/Lkw-Kollisionen (4,6 %) (Langwieder (22)).

b) Definition

Der Begriff der Seitenkollision wird in der Literatur verschieden definiert.

Nach Danner (11) ist Seitenkollision eine Kollision mit Hauptdeformation der Seitenfläche. Er unterteilt dabei die gesamte Seitenfläche in sechs Stoßflächen:

Stoßfläche I	umfaßt den Abstand Frontseite-Vorderachse
Stoßfläche II	umfaßt den Abstand Frontseite-Hinterachse
Stoßfläche III	umfaßt den Abstand Vorderachse-Hinterachse
Stoßfläche IV	umfaßt den Abstand Vorderachse-Heckseite
Stoßfläche V	umfaßt den Abstand Hinterachse-Heckseite
Stoßfläche VI	umfaßt den Abstand Frontseite-Heckseite (= gesamte Wagenlänge).

Erfolgt der Aufprall im Raum von 2 bis 4 Uhr bzw. 8 bis 10 Uhr (nach dem Zifferblatt der Uhr), handelt es sich um eine laterale, beim Aufprall im Raum von 5 bis 7 Uhr bzw. 11 bis 1 Uhr um eine longitudinale Stoßrichtung.

Nach Nielsen et al. (30) ist Seitenkollision ein Seitenanstoß ohne Beschädigung von Front und Heck. Sie grenzen davon seitlich-frontale Anstoßpositionen ("fronto-oblique impacts") ab. Bei diesen werden eine Seite des Pkw und Teile der Front beschädigt, nicht jedoch die der Stoßrichtung abgewandte Fronthälfte.

Appel et al. (3) erwähnen zwei Definitionen. Zum einen führen sie o. a. Definition von Danner an. Zum anderen nehmen sie Bezug auf Hartemann et al. Danach gilt als Seitenanstoß, wenn die Relativbewegung der Insassen innerhalb der Stoßrichtungen 2 bis 4 Uhr bzw. 8 bis 10 Uhr erfolgt.)¹

)¹ Hartemann, F. et al.
Description of Lateral Impacts
Sixth International Technical Conference on
Experimental Safety Vehicles
Washington, D. C. October 1976

Beide Definitionen führen umso mehr zum gleichen Ergebnis, als der Aufprall auf den gestoßenen Wagen dessen Mitte trifft.

Diskutiert wird ein dritter Vorschlag, der dann eine Seitenkollision für gegeben ansieht, wenn die Stoßfläche zwischen Vorder- und Hinterachse liegt, unabhängig von der Stoßrichtung.

c) Kollisionsgeschwindigkeit - Kollisionswinkel - Stoßrichtung - Stoßpunkte - Kollisionsflächen

Nach Danner et al. (14) ist eine Kollisionscharakteristik notwendig. Sie führen aus, daß "to improve the characterisation of the crash phase an expanded system of 'collision types' has been created which describe the kinetic aspects of the nature and the corresponding crash position of the collision" (Danner (14, S. 17)).

Hierzu zählen auch Feststellungen über Kollisionsgeschwindigkeit, Kollisionswinkel, Kollisionsflächen etc.

Kollisionsgeschwindigkeit:

Aufgrund der Tatsache, daß zwei Fahrzeuge unter einem Winkel kollidieren, ist die Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeit bei Seitenkollisionen schwieriger als bei Frontal- oder Heckkollisionen (Appel et al. (3)).

Die Bestimmung der absoluten und relativen Kollisionsgeschwindigkeit setzt die Rekonstruktion des Unfalls voraus. Diese Geschwindigkeiten geben jedoch keinen Aufschluß über die Geschwindigkeitsänderung des betroffenen Wagens nach dem Unfall. Sie beschreiben lediglich die Situation vor dem Zusammenstoß. Ein besseres Maß für die Schwere des Stoßes sind nach Appel et al. (3) bei Seitenkollisionen die "äquivalente Testgeschwindigkeit" und die Geschwindigkeitsänderung. Besonders letztere eignet sich zur Beschreibung der Insassenbelastung. Notwendig ist weiter die Kenntnis der absorbierten Energien oder der äquivalenten Testgeschwindigkeiten beider Wagen. Erforderlich ist auch die Annahme, daß der Anstoß zentral, d. h. der betroffene Wagen stationär ist.

Langwieder (26) geht von der relativen Kollisions-

geschwindigkeit (RCS) aus. Die RCS wird mittels einer vektoriellen Addition beider Einzelgeschwindigkeiten der kollidierenden Fahrzeuge ermittelt. Die RCS liefert dabei nur einen allgemeinen Maßstab für die potentielle Unfallschwere und stellt eine Ergänzung zur äquivalenten Testgeschwindigkeit (ETS) dar. Eine genauere Erfassung der Einzelgeschwindigkeiten erfordert darüber hinaus auch die Berücksichtigung der Fahrzeugmassen, des Auftreffwinkels sowie des Ausmaßes der Beschädigungen am Fahrzeug. Der Unterschied zwischen RCS und ETS ist folgender: "Der Bezug der Verletzungsfolgen auf die ETS über Beschädigungsbilder gibt die 'innere Sicherheit' der Fahrzeuge an, ohne nach der Entstehung der Fahrzeugdeformation und deren Häufigkeit im gesamten Unfallgeschehen zu fragen. Die RCS dagegen ordnet die Verletzungsfolgen der 'potentiellen Unfallschwere' zu, ohne den dabei auftretenden Beschädigungsgrad der Fahrzeuge darstellen zu können" (Langwieder (26, S. 4)).

Bezugnehmend auf die Untersuchungen von Danner und Langwieder stellen Appel et al. (3) fest, daß 83 % der stoßenden und 77 % der gestoßenen Wagen eine Kollisionsgeschwindigkeit von weniger als 45 km/h haben.

Nach Langwieder (26) ereignen sich seitliche Kollisionen zu 90 % unterhalb von 63 km/h RCS. Der 50 %-Wert der relativen Kollisionsgeschwindigkeiten bei Pkw/Pkw Seitenkollisionen liegt bei 36 km/h, verglichen mit Frontal- und Heckkollisionen. Bei Pkw/Objekt-Kollisionen beträgt der 50 %-Wert 32 km/h (Appel et al. (3)).

Hartemann et al. (19) verglichen Geschwindigkeiten bei Tests und realen Unfällen. Diese Geschwindigkeiten zeigten Übereinstimmung mit einer Abweichung von ± 10 %. Die durchschnittliche Geschwindigkeit betrug beim stoßenden Fahrzeug etwa 65 km/h, beim gestoßenen Fahrzeug etwa 35 km/h.

Die Kollisionsgeschwindigkeiten variieren, je nachdem ob es sich um Gegenverkehrs-, Kreuzungs-, Auffahr- und Alleinunfälle (HUK-Verband (36)) handelt. Die Darstellung geht dabei von der Kollisionsgeschwindigkeit (Geschwindigkeit im Moment der Kollision nach Abbremsung) des Geschädigten aus und zeigt an, in welchem Geschwindigkeitsbereich sich dann der Pkw des überwiegend Unfallschuldigen befand.

Bei Gegenverkehrsunfällen befand sich zu 70 % auch der Unfallunschuldige in einem hohen Geschwindigkeitsbereich.

Bei Kreuzungsunfällen wurden 75 % aller Fahrzeuge mit einer Geschwindigkeit von weniger als 45 km/h getroffen.

Bei Auffahrunfällen lagen die Geschwindigkeiten zu rd. 85 % unter 30 km/h, bei Alleinunfällen dagegen zu fast 50 % auch im Moment der Kollision bei mehr als 60 km/h.

Nach Langwieder (28) weisen 90 % der Lkw bei einer seitlichen Kollision mit einem Pkw eine absolute Kollisionsgeschwindigkeit von weniger als 45 km/h, 70 % eine solche von weniger als 30 km/h auf.

Kollisionswinkel:

Die Einbeziehung des Kollisionswinkels wirft verschiedene Probleme auf. Nach Danner (11) ereigneten sich reale Unfälle überwiegend unter einem Kollisionswinkel zwischen 30° und 40° (zur longitudinalen Achse des gestoßenen Fahrzeugs).

Bei Lkw/Pkw Kollisionen kam es ab einem Kollisionswinkel von rd. 45° zu besonders gefährlichen Deformationen, meist verbunden mit einer massiven triangulären Intrusion der Fahrgastzelle (Langwieder (28)).

Ab einem Kollisionswinkel von 56° glitt der "Dummy" aus dem Schultergurt, wie Adomeit et al. (1) bei Versuchen feststellten.

Stoßrichtung:

Stoßrichtung wird definiert als die Hauptrichtung der Stoßkraft während der Kollision (Danner (11)). Die Stoßrichtung kann in Bezug zur Zentralachse der kollidierenden Fahrzeuge variieren und hängt ab von den Geschwindigkeiten bei und nach dem Zusammenstoß, den Massen und dem Kollisionstyp.

Hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung kommen die Autoren zu unterschiedlichen Ergebnissen (vgl. Appel et al. (3)). Die häufigste Stoßrichtung liegt nach Danner/Langwieder bei 2 und 10 Uhr. Dies entspricht einem Winkel von 60° zur longitudinalen Achse. Bei Griffith et al. und Bäckström/Anderssen ist die vertikale Stoßrichtung am häufigsten.

Stoßpunkte:

Die Stoßpunkte bei Pkw/Pkw-Seitenkollisionen gruppieren sich um einen zentralen Punkt, der, alle Verletzungen zusammengekommen, 55 cm heckwärts des A-Pfostens liegt (Hartemann et al. (19)). Bei schweren und tödlichen Verletzungen liegt dieser Punkt ca. 10 cm weiter hinten.

Bei Pkw/Objekt-Kollisionen sind die Stoßpunkte auf die Fahrgastzelle zentriert.

Lachmann et al. (21) ermittelten bei 45 Pkw/Pkw (Modell BMW)-Seitenkollisionen u. a. die Stoßpunkte und die Hauptdeformation. Im Vergleich mit Studien des HUK-Verbandes und Hartemann et al. stellten sie fest, daß die Hauptdeformationen zwischen den Pfosten A und C liegen.

Kollisionsflächen:

Danner (11) definiert die Kollisionsfläche als Fläche der Hauptdeformation, d. h. die Fläche, auf die der Kollisionsimpuls übertragen wird. Damit wird die Bewegungsrichtung des gestoßenen Fahrzeugs geändert und die Relativbewegung der Insassen ausgelöst.

Zur Beschreibung der Kollisionsflächen gibt es verschiedene Methoden (vgl. Appel et al. (3, S. 253)).

Bei Lkw/Pkw-Seitenkollisionen (131 verletzte, 13 unverletzte Pkw-Insassen, vgl. S. 5) findet in 72,6 % der Fälle die Hauptdeformation an der Fläche der Fahrgastzelle statt (Langwieder (22)). Dabei betreffen 37 % nicht nur die Türfläche, sondern auch den A-Pfosten und die Frontachse.

Bei Lkw/Pkw-Seitenkollisionen mit longitudinaler Stoßrichtung erhöht sich der Anteil der Stoßfläche I auf 33,3 %. Die Fahrgastzelle ist in 47,6 % der Fälle mit-betroffen.

67,9 % der Pkw/Objekt-Seitenkollisionen sind auf die Kollisionsfläche I (siehe S.11) begrenzt. Schwere Deformationen durch Verhakung an der Fläche der Frontachse oder an der Fläche zwischen Frontachse und A-Pfosten sind hierbei häufig. 3/4 aller Pkw/Objekt-Seitenkollisionen führen zu direkten Belastungen auf die Fahrgastzelle. Die Kollisionsfläche III ist dabei mit 46,7 % betroffen.

In einer weiteren Untersuchung unterteilte Langwieder (28) Lkw/Pkw-Kollisionen in 22 Kollisionstypen, 7 davon seitlich. Er errechnete u. a. den Anteil der einzelnen Kollisionstypen im Hinblick auf Unfallhäufigkeit und Häufigkeit von schwer bzw. tödlich Verletzten am gesamten Unfallmaterial, sowie das relative

Verletzungsrisiko pro Kollisionstyp. Ferner stellte er fest, daß bei Seitenkollisionen winklige Kollisionen im Bereich der Fahrgastzelle (Typ VI) und im Frontteil (Typ VIII) annähernd gleichen Stellenwert haben.

d) Intrusion und Fahrgastzelle

Danner (11) definiert Intrusion als unverändert bleibenden Zustand der Fahrgastzelle zwischen den A- und C-Pfosten als Folge der Intrusion. Die Intrusion zeigt, ob und in welchem Ausmaß der Raum der Fahrzeugkabine eingeschränkt wird.

Aus einem Vergleich der Testergebnisse mit und ohne Intrusion ergibt sich, daß die Schwere des Seitenaufpralls für den kollisionsnahen Insassen im wesentlichen von der Intrusion der Seitenwand in die Fahrgastzelle abhängt (Cesari et al. (9)). Die Intrusion selbst stellt jedoch keinen Maßstab für die Schwere des Unfalls dar, da sie außer von den äußeren Umständen der Kollision (Geschwindigkeit, Massenverhältnis, Kollisionstyp) auch von der Stabilität und Art der Aggressivität der beteiligten Fahrzeuge abhängig ist (Danner (11)).

Die Hauptprobleme resultieren nicht so sehr aus der Begrenzung der Fahrgastzelle durch die Intrusion, sondern aus ungünstigen charakteristischen Formveränderungen im Fall der seitlichen Beschädigung, sowie aus einem zu geringen Verzögerungsweg durch die energiereduzierende innere Struktur hinsichtlich der Verminderung des Verletzungsrisikos während des "inneren Zusammenstoßes" zwischen Insasse und Seitenfläche.

Danner (11) unterteilt die Intrusion in zwei typische Formen, nämlich die

- trianguläre und die
- rektanguläre Form.

Er kam zu folgenden Ergebnissen:

- In ca. 35 % der Kollisionen, bei denen die Fahrgastzelle betroffen war, kam es zu einer Intrusion
- Während trianguläre Intrusion bei Pkw/Pkw-Kollisionen mit 60 % vorherrschte, belief sich die rektanguläre

- Intrusion auf 70 % bei Pkw/Pkw-Kollisionen. Bei Kollisionen zwischen Pkw und Objekt (überwiegend Bäume) traten ausschließlich trianguläre Intrusionen auf
- die maximale Intrusionstiefe findet sich bei Pkw/Pkw- und Pkw/Objektkollisionen an der Fläche des B-Pfostens
 - fast alle triangulären Intrusionen bei Pkw/Lkw-Kollisionen sind überraschenderweise an der Fläche des A-Pfostens zu finden. Dies führt zu einer massiven Deformation der gesamten Frontseite des Pkw
 - unabhängig davon, ob es sich um Pkw/Pkw-, Pkw/Lkw- oder Pkw/Objektkollisionen handelt, beschränkt sich die rektanguläre Intrusion i. a. auf eine Tiefe zwischen 20 und 40 cm, obwohl größere Intrusionstiefen häufiger bei Pkw/Lkw- und Pkw/Objektkollisionen zu erwarten sind
 - die trianguläre Intrusion hat ihr Maximum i. a. bei 40 cm, wobei Tiefen von 30 bis 40 cm häufiger als bei rektangulären Intrusionen sind. Intrusionen bei Kollisionen mit Lkw's und Objekten führen sehr häufig zu extremen Intrusionstiefen zwischen 40 und 70 cm.

Die Probleme ergeben sich fast ausschließlich durch den "inneren Zusammenstoß" des Insassen mit der deformierten Seitenstruktur. Trotzdem bleibt in den meisten Fällen noch genügend Überlebensraum, sogar für den kollisionsnahen Insassen.

Nach Hartemann et al. (19) erhöht die Intrusion das Verletzungsrisiko dadurch, daß die Seitenwand sich zu Beginn des Stoßes mit einer Geschwindigkeit bewegt, die nahe bei der des aufprallenden Fahrzeugs liegt. Das gilt dann, wenn die Festigkeit der Seitenstruktur des angestoßenen Fahrzeugs wesentlich geringer als die der Frontstruktur des anstoßenden Fahrzeugs ist. Die Relativgeschwindigkeit zwischen dem kollisionsnahen Insassen und der eindringenden Seitenstruktur ist

umso größer, je näher sich der Insasse vor dem Unfall der Seitenstruktur befand. Dabei ist die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Insassen und der eindringenden Seitenstruktur größer als die Geschwindigkeitsänderung ΔV seines Fahrzeugs.

Hierbei ist das Verletzungsrisiko für den kollisionsnahen Insassen erhöht, während die Verletzungen des kollisionsfernen Insassen nicht stark beeinflusst werden, sofern sie angegurtet sind (Appel et al. (3)). Wenn letzterer die eindringende Seitenstruktur erreicht, hat diese i. a. ihre Geschwindigkeit schon vermindert und sie entspricht der Geschwindigkeitsänderung ΔV des eigenen Fahrzeugs (Hartemann et al. (19)). Dies gilt nicht bei einem sehr heftigen Aufprall, verbunden mit einer tiefen Intrusion.

In diesem Zusammenhang fanden Cesari et al. (9), daß die Tür und das Sitzgestell des gestoßenen Wagens ihre Geschwindigkeit stärker ändern als der Wagenboden. Das Becken erfährt dadurch eine Geschwindigkeitsänderung in derselben Größenordnung wie die Tür, der Thorax dagegen eine niedrigere Geschwindigkeitsänderung.

Die Auswertung der Geschwindigkeit, mit der die Seitenwand bei einem tatsächlichen Unfall deformiert wird, ist unmöglich, weil die Verletzungsschwere von der Relativgeschwindigkeit zwischen Insasse und Seitenwand abhängt und es sich bei ΔV um keine einfache Funktion handelt (Hartemann et al. (19)).

Bei konstantem ΔV variiert die Relativgeschwindigkeit mit

- (1) dem Ausmaß der Intrusion und der ursprünglichen Entfernung zwischen Insasse und Seitenwand
- (2) der Insassenposition in Bezug zur Rotationsachse des Fahrzeugs, je nachdem, ob der Anstoß an der Front- oder Heckseite erfolgt.

Im Rotationsfall kann nämlich die Relativgeschwindigkeit kleiner als ΔV sein. Außerdem ist hier zwischen einer senkrechten und schrägen Relativbewegung zu unterscheiden. Dies spielt besonders bei $\Delta V > 25 \text{ km/h}$ eine wichtige Rolle. Hauptsächlich deshalb kann der Unterschied der Verletzungsschwere mit oder ohne Intrusion nicht durch Verstärkung der Seitenstruktur des Pkw beseitigt werden.

Betrachtet man reale Seitenkollisionen, so ist es sehr schwierig, die beste Verbindung zwischen Abschwächung der Intrusion und Ausstattung der Seitenstruktur mit stoßdämpfendem Material zu finden. Dazu wäre es erforderlich, die spezifischen Wirkungen der Intrusion festzustellen, und zwar einerseits diejenigen, die der Stoßdämpfung zuzuschreiben sind, andererseits die, welche aus einer Verbindung beider Faktoren unter verschiedenen Aspekten resultieren.

Bei Pkw/Objektkollisionen kommt es zwar häufig zur Intrusion der Fahrgastzelle. Dies ist aber kein erschwerender Faktor (im Gegensatz zur Intrusion bei Pkw/Pkw-Kollisionen), weil die Relativgeschwindigkeit der eindringenden Seitenstruktur nicht größer als ΔV ist.

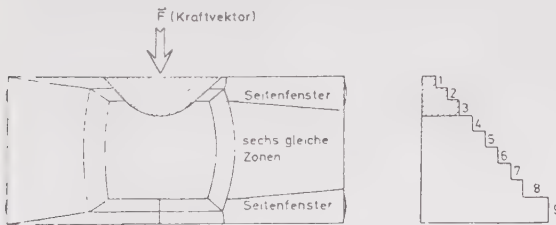
Nach Cesari et al. (9) vermindert sich das Verletzungsrisiko bei Intrusionen, wenn die Seitenwand und das Sitzgestell des gestoßenen Fahrzeugs zusätzlich versteift sind (vgl. Appel (3)). In diesem Zusammenhang ist auch das Ergebnis der Untersuchungen von Cesari et al. (10) interessant, wonach die Armhaltung Einfluß auf Thoraxverletzungen hat (vgl. S. 4).

Mit Hilfe des VDI¹⁾ läßt sich die Korrelation zwischen durchschnittlicher Verletzungsschwere (AIS)_m

¹⁾ VDI = Vehicle Deformation Index

und relativer Seitendeformation aufzeigen. Im Fall des Seitenaufpralls stellt der VDI das Verhältnis von Deformationstiefe und Originalfahrzeugbreite dar (Suren et al. (35)).

Tabelle 1b: VDI = Vehicle Deformation Index (Verhältnis Deformationstiefe zur Fahrzeugbreite)



Beispiel: VDI = 3 (Fahrzeug Draufsicht)

Abb. 1 (entnommen aus Suren (35, S. 352)).

Wie Untersuchungen von Cesari et al. (9) sowie Suren et al. (35) ergaben, besteht annähernd eine lineare Korrelation zwischen mittlerer Verletzungsschwere (AIS_m) und Seitendeformation.

4. Verletzungen

Die Verletzungen können eingeteilt werden nach:

- Häufigkeit
- Schwere
- Körperregionen
- Verletzungsursachen
- gurtspezifische Verletzungen.

Zunächst hat die Gesamtkonzeption der Fahrzeuge Einfluß auf Verletzungen. Langwieder (23) führt u. a. an:

- Verminderung der Häufigkeit und Schwere von Kopfverletzungen durch stärker geneigte Windschutzscheiben
- komplizierte Knochenbrüche durch Abgleiten der Knie des Beifahrers unter die Vorderkante des Armaturenbrettes, die Vorspannung des Unterschenkels und Rotation um diesen Einspannpunkt
- Verminderung der Knieverletzungen durch Polsterung des Armaturenbrettes
- Herausgleiten des Oberkörpers aus dem Schultergurt bei zu tief angebrachtem oberen Verankerungspunkt des Gurtes mit der Folge, daß der Kopf auf das Lenkrad oder das Armaturenbrett schlägt und Kieferbrüche entstehen.

Für Seitenkollisionen (Gurt- und Nichtgurtträger) gilt nach Danner (11) folgendes hohe Verletzungsrisiko:

- 27 % aller Verletzungen (AIS $\geq$ 1)
- 20 % aller schweren Verletzungen (AIS $\geq$ 3)
- 28 % aller tödlichen Verletzungen

sind auf Seitenkollisionen zurückzuführen. Verletzungen der Insassen sind bei Seitenkollisionen doppelt so schwer wie bei Frontalkollisionen.

Nach Verletzungshäufigkeit verschiedener Körperteile ergibt sich bei Appel et al. (3):

- Kopf	46 - 62 %
- obere Extremitäten	33 - 52 %
- untere Extremitäten	24 - 40 %
- Thorax	18 - 46 %
- Abdomen	6 - 22 %
- Wirbelsäule	15 - 20 %.

Im Hinblick auf die Schwere der Verletzungen ist die Rangfolge:

- Kopf	69 - 78 %
- Thorax	39 - 60 %
- Abdomen	31 - 33 %
- Wirbelsäule	8 %.

Die gleiche Reihenfolge besteht bei Verwendung des Traumatisationsgrades (= prozentuale Verletzungshäufigkeit x mittlerer AIS für jeden Körperteil (Appel et al. (3) Suren et al. (35))). Beim kollisionsnahen Insassen stehen Rippenserienfrakturen sowie Becken- und Hüftgelenkfrakturen im Vordergrund. Schwere und tödliche Verletzungen erleidet der kollisionsnahe Insasse zwei- bis dreimal so häufig wie der kollisionsferne.

Walz et al. (38) werteten 304 seitlich-frontale Kollisionen (Stoßrichtung 1, 2, 10 und 11 Uhr) und Seitenkollisionen (Stoßrichtung 3 und 9 Uhr) mit 153 getöteten und 257 schwerverletzten (OAIS ≥ 2) Gurtträgern aus. Seitlich-frontale Kollisionen ergaben:

- die Verletzungsschwere (nach OAIS) war für kollisionsnahe Insassen doppelt so schwer wie für kollisionsferne
- kollisionsnahe Insassen erlitten etwas häufiger Arm- und Beinverletzungen
- schwere Verletzungen kollisionsferner Insassen sind u. a. vom Alter abhängig
- tödliche Verletzungen waren bei kollisionsnahen Insassen häufiger
- Kopfverletzungen (AIS ≥ 2) und Wirbelsäulenfrakturen

waren bei kollisionsfernen Insassen etwas häufiger.

Walz et al. führten dies auf das Herausgleiten aus dem Gurt mit Stoß an Lenkrad, oberem Armaturenbrett, Schaltknüppel oder den anderen Insassen zurück. Der kollisionsnahe Insasse schlägt gegen das Seitenfenster und erleidet Kopfverletzungen (mit AIS ≤ 1).

Bei Seitenkollisionen ist die Gesamtverletzungsschwere kollisionsnaher Insassen dreimal so hoch wie bei kollisionsfernen Insassen. Für kollisionsnahe Insassen zeigt sich eine schwache Signifikanz gegenüber kollisionsfernen in Bezug auf tödliche Unfälle sowie Becken- und Armverletzungen (AIS ≥ 2).

Nielsen et al. (30) untersuchten 44 angegurtete Unfallpatienten. Die Verletzungshäufigkeit betrug:

- Kopf	78 %
- Thorax	62 %
- untere Extremitäten	33 %
- obere Extremitäten	26 %
- Abdomen	25 %
- Hals	9 %
- Becken	6 %.

Darüber hinaus gliederten sie die Schwere der Verletzungen nach Stoßrichtung, Durchschnitts-AIS und Sitzposition auf.

Danner (11) wertete 163 Seitenkollisionen mit 238 angegurteten Insassen, unterteilt nach Pkw/Pkw-, Pkw/Lkw-, Pkw/Objektkollisionen sowie nach Stoßflächen, aus:

- Im Vergleich zu Nichtgurtträgern fand sich in Stoßfläche I ein geringeres Verletzungsrisiko
- auch die Zahl der Schwerverletzten und Getöteten war bei Nichtgurtträgern wesentlich höher. Insbesondere nahmen die tödlichen Unfälle bei kollisionsnahen Insassen im Vergleich zu Nichtgurtträgern ab.

Eine Unterteilung nach Verletzungshäufigkeit einzelner Körperregionen ergab:

- Kopfverletzungen sind beim kollisionsnahen Insassen am häufigsten, gefolgt von Wirbelsäulen- und Thoraxverletzungen. Gleiches gilt für den kollisionsfernen Insassen
- Verletzungen des Abdomens treten beim kollisionsfernen Insassen häufiger auf; im Vergleich zu Nichtgurtträgern sind sie beim kollisionsnahen Insassen etwa gleich häufig, treten dagegen doppelt so häufig beim kollisionsfernen Insassen mit Gurt auf.

Piegsa (31) wertete 100 Unfälle mit 134 verletzten oder getöteten Gurtträgern aus. Hierbei handelte es sich um ein Teilkollektiv jener Unfälle, welches auch dieser Arbeit zugrunde lag, jedoch ohne genauere Analyse der Insassenrelativbewegung. Bei 13 Seitenkollisionen mit 10 Fahrern und 5 Beifahrern (Stoßrichtung 8 bis 10 Uhr bzw. 2 bis 4 Uhr) stellte sie fest:

- Schwerpunkt der Verletzungen ($AIS \geq 3$) bei Seitenkollisionen sind Thorax und Becken. Dies gilt sowohl für den kollisionsnahen als auch für den kollisionsfernen Insassen
- 60 % hatten schwere Thoraxverletzungen (vorwiegend Rippenserienfrakturen), 27 % schwere Beckenverletzungen (Sitz- und Schambeinfrakturen sowie Symphysensprengung).

v. Weymarn (40) untersuchte 12 angegurtete Insassen bei Seitenkollisionen getrennt nach Sitzposition aus einem Gesamtkollektiv von 76 Unfällen mit 102 verletzten Gurtträgern. Die Unfälle ereigneten sich in den Jahren 1971 - 1974. Auffällig waren vor allem die geringfügigen Rippenverletzungen und Bauchtraumata.

Für Häufigkeit und Schwere der Verletzungen waren nach Hartemann et al. (19) vor allem ursächlich:

- Kollisionstyp
- Richtung der Insassenrelativbewegung
- Intrusion in die Fahrgastzelle
- Geschwindigkeitsvariation des Pkw
- Gegenstände, mit denen der Insasse während des Anpralls in Berührung kommt.

Appel et al. (3) fanden für schwere Verletzungen (AIS $\geq$ 4) folgende Ursachen:

- Anstoß an - Dachrahmen
- A-Pfosten
- Lenkrad
- Türverkleidung.

Nielsen et al. (30) zählen auf:

- Kopfkontakt mit dem Lenkrad
- Fehlen von Nackenstützen
- lose Gurten
- Seitenintrusion
- Intrusion von Frontrad und Pedal.

Garett et al. führten 1962 den Begriff des "Seat-belt"-Syndroms in die Diskussion ein (Behrens et al. (4) S. 80)). Darunter versteht man direkte oder indirekte Verletzungen von Bauchorganen durch Quetschung im Sicherheitsgurt.

Für gurtspezifische Verletzungen stellt Rüter (32) fest:

- Erhöhung der Gefahr leichter Verletzungen von Hals und Thorax. Beim Frontinsassen gilt dies auch für den Bauchbereich
- Häufigkeit und Schwere der Kopf- und Thoraxverletzungen steigen mit der Aufprallgeschwindigkeit durch zu weite Vorverlagerung bzw. zu hohe Gurtkräfte

- die Verletzungshäufigkeit nimmt in der Reihenfolge:
Kopf - Brust - Bauch (mit inneren Verletzungen) -
Beine ab
- Bauchverletzungen stehen dagegen an erster Stelle
bei Nichtfunktionieren des Gurtes
- im Fall des Seitenaufpralls ist die Schutzfunktion
des Gurtes bei Kopfverletzungen eingeschränkt. Zu-
sätzlich besteht die Gefahr von Beckenfrakturen
bei kollisionsnahe Aufprall
- neben Gurtquetschungen und -abschürfungen stehen
weniger schwere Frakturen im Thoraxbereich und
Organverletzungen im Bauchbereich im Vordergrund
- Verletzungsunterschiede von Fahrer und Beifahrer
sind nicht auffallend
- ca. 10 % aller leichten und 5 % aller schweren Ver-
letzungen sind gurtspezifisch
- ungünstige Gurtgeometrie verursacht Halsverletzun-
gen (Verbrennungen, Schnitte, Prellungen). Unkorrekt
angelegter Gurt führt bei Dreipunktgurten zu
Strangulationsverletzungen
- Wirbelsäulenverletzungen entstehen durch Hyperflexion
und anschließender Hyperextension der Halswirbelsäule
beim ruckartigen Abbremsen des Oberkörpers und Vor-
beugen des Kopfes
- Schulter- und einzelne Rippenfrakturen treten an der
Stelle der Krümmungsänderung des Gurtbandes auf
- Rippenserienfrakturen werden bei sehr hohen Belastungen
beobachtet
- ca. 11 % aller Dreipunktgurtträger weisen Schulter-,
Brust- und Rippenverletzungen auf, etwa ein Viertel
davon sind Frakturen
- bei Beifahrern treten Quetschungen und Hämatome am
Gurtbandverlauf doppelt so häufig wie bei Fahrern auf.
Der Grund dafür könnte sein, daß Fahrer überwiegend
Männer, Beifahrer vor allem Frauen (mit empfindlicherem
Gewebe) sind

- zu Bauchverletzungen in Form von Abschürfungen, Hämatomen und Quetschungen kommt es bei korrekt angelegtem Gurt und hohen Rückhaltekräften dann, wenn der Beckengurt gegen Ende des Rückhaltevorgangs in den Bauchbereich rutscht.
- ein unkorrekt angelegter Gurt führt dazu, daß der Beckengurt bereits zu Beginn der Rückhaltung in den Bauchbereich rutscht und schwere Verletzungen verursacht
- für diese Bauchverletzungen können zwei Entstehungsmechanismen ursächlich sein:
 - 1) Indirektes Organtrauma:
Ein- und Abrisse intraabdomineller Partien durch Trägheitsbelastung des Bauchfells aufgrund der Abbremsung durch den Gurt
 - 2) Direktes Organtrauma:
Quetschungen und Zerreißungen durch Kontusion des verletzten Organs am Skelett
- Scherkräfte bewirken durch Einrisse indirekte Darmverletzungen und Perforationen. Die Darmwand (insbesondere von Duodenum und Appendix) kann bei sehr hohen Belastungen platzen
- direkte Krafteinwirkung oder Einschluß von Darmsegmenten verursachen Verletzungen des Bauchfells und der Milz
- Rupturen von Ureter, Pankreas und Milz sind selten.

Nach Danner (11) schützt der Gurt den kollisionsnahen Insassen zwar nicht vor schweren und tödlichen Verletzungen, mindert jedoch das Verletzungsrisiko für den kollisionsfernen Insassen erheblich. Dies gilt vor allem für Kopfverletzungen.

Im Hinblick auf Häufigkeit und Schwere von Halswirbelsäulenverletzungen läßt sich kein Unterschied zwischen angegurteten und nichtangegurteten Insassen feststellen.

Bauchverletzungen durch direkte Gurteinwirkung sind nicht als negativer Effekt der Sicherheitsgurte zu werten. Diese Verletzungen finden sich nämlich bei einem so hohen Grad der Unfallschwere, daß ohne Gurt andere gleich schwere oder sogar schwerere Verletzungen zu erwarten wären.

Gurtwirkungen bei Seitenkollisionen werden darüber hinaus noch von folgenden Faktoren beeinflußt (Behrens et al. (4)):

- 1) Inkorrekttes Gurtanlegen
- 2) Intrusion in die Fahrgastzelle
- 3) Nachgeben oder Drehen des Sitzes
- 4) Zusammenwirken von 2) und 3)
- 5) Belastung beim Herausgleiten aus dem Gurt.

Walz et al. (39) untersuchten 810 kollisionsnahe gurtgeschützte Insassen im Hinblick auf Halswirbelsäulen (HWS)-Verletzungen. Es ergab sich:

- von 810 Insassen hatten 98 Verletzungen mit $AIS \geq 1$, darunter 10 % HWS-Verletzungen
- 7 Personen erlitten HWS-Verletzungen $AIS \geq 2$.

Zwei davon waren mit hoher Wahrscheinlichkeit direkt oder indirekt durch den Schultergurt verursacht; die restlichen Personen zogen sich Kopfverletzungen zu. Die Möglichkeit einer Belastungsübertragung vom Kopf auf den Hals war daher nicht auszuschließen, d. h. die Kopfverletzungen wären wahrscheinlich auch ohne Anlegen des Sicherheitsgurtes entstanden

- die Häufigkeit von HWS-Verletzungen (2 %) war bei der übrigen Stichprobe gleich.

Ergebnis: die Anzahl der HWS-Verletzungen war nicht charakteristisch, sie traten bei kollisionsnahen Insassen nicht häufiger als bei anderen Stoßanordnungen auf.

5. Ungelöste Probleme bei Seitenkollisionen

Allgemein und damit auch für Seitenkollisionen gilt, daß die bisher erzielten Ergebnisse die Fortsetzung der Untersuchungen rechtfertigen, um damit langfristig die Möglichkeiten einer wirklichkeitsbezogenen Beurteilung der aktiven Sicherheit und des Fahrverhaltens bei Unfällen zu erreichen. Voraussetzung hierfür ist die Auswertung von aktuellem Unfallmaterial. Ein aussagekräftiges Untersuchungsmaterial muß nach Danner et al. (16) sowohl

- die Auswirkungen des Regelkreises Fahrer/Fahrzeug im gesamten Unfallgeschehen wiedergeben, als auch
- die wechselweisen Einflüsse zwischen Fahrer/Fahrzeug und Umwelt noch direkter erkennen lassen.

Notwendig sind weiterhin Angaben über Häufigkeit, Umstände und Ablauf von Kollisionen. In zukünftigen Arbeiten sollen entsprechende Kenngrößen für bisher noch nicht erfaßte Kollisionstypen definiert und die bereits erarbeiteten Kenngrößen unter Zuhilfenahme weiterer Parametervariationen verbessert bzw. ergänzt werden (Danner et al. (15)).

Durch Verbindung von repräsentativer Großzahluntersuchung und darin eingeschlossenen detaillierten Einzelfalluntersuchungen muß zwischen zufälligen und generellen Ergebnissen unterschieden werden können. Ziel weiterer Unfalluntersuchungen soll die Erarbeitung eines anhand realer Unfälle erstellten Forschungsberichts zu neu auf dem Markt erscheinenden Fahrzeugen sein, der der Sicherheit dieser Fahrzeuge dient und dem Hersteller zugänglich gemacht werden soll (HUK-Verband (36)).

Nach Appel et al. (3) sind insbesondere bei Seitenkollisionen noch folgende Probleme und Fragen zu klären:

- einheitliche Definition der Seitenkollision
- Verhältnis der Kollisionsenergien des gestoßenen und des stoßenden Wagens

- Wirkung der Sicherheitsgurte
- Einfluß der Innenraumpolsterung
- bestmögliche Steifigkeit von Front- und Seitenstruktur.

Ausgehend von den bisherigen Ergebnissen werden folgende Verbesserungen vorgeschlagen:

- Anpassung der Stoßstangenhöhe an die Höhe der Türschwelle
- Einbindung der Türschwelle zur Energieaufnahme durch Absenkung der Stoßstange oder Erhöhung der Türschwelle
- Verstärkung der Steifigkeit der Seitenstruktur und Verminderung der Steifigkeit der Frontstruktur
- Ausstattung des Innenraums mit mehr stoßdämpfendem Material in Kopf- und Rumpfhöhe.

Damit soll erreicht werden:

- Aufnahme "innerer Energien" und Verzögerung der Insassenbeschleunigung
- Reduzierung der Aggressivität der verformten inneren Seitenstruktur
- Verhinderung des Kopfanpralls am eindringenden Fahrzeug oder an einem Hindernis.

Auch bei Pkw/Lkw-Seitenkollisionen kann durch eine Verbesserung der Frontstruktur eine Verminderung der Formaggressivität und damit eine Erhöhung des Partnerschutzes erzielt werden (Langwieder (25)). Dies erfordert eine tiefer liegende, breitflächige Stoßstange des Lkw, die zu einer Verteilung der Krafteinleitung auf den Pkw führt. Massive Intrusionen treten nämlich schon bei Kollisionen mit kleinen Lkw im Geschwindigkeitsbereich von ca. 30 km/h auf. Bei größeren Lkw sind die Intrusionen vergleichsweise stärker, das Dach des Pkw wird über A- und B-Pfosten herabgezogen und anschließend durch direkten Kontakt mit der Lkw-Front stark nach innen gedrückt (Langwieder (25)).

III. METHODE

1. Untersuchungsmaterial

Im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) und unter Mithilfe der Polizei erfaßte das Institut für Rechtsmedizin der Universität München von Oktober 1977 bis September 1978 Unfälle im Großraum München, bei denen Frontinsassen von Pkw's, die einen Sicherheitsgurt angelegt hatten, schwer oder tödlich verletzt wurden (Beier (5) (6) (7)). Als schwer verletzt im Sinn der amtlichen Statistik gelten Personen, die unmittelbar nach dem Unfall in ein Krankenhaus zur stationären Behandlung von mindestens 24 Stunden eingeliefert werden. Aus diesen Erhebungen stand ein Aktenmaterial mit insgesamt 221 Einzelfällen zur Verfügung. Die Unterlagen enthielten im einzelnen:

- Polizeiliche Niederschrift des Unfallhergangs (Tatbestands-Protokollaufnahme) z. T. mit Unfallskizze
- Befundung der Verletzungen, welche anhand eines standardisierten Fragebogens von den jeweiligen Klinikärzten erhoben wurden
- Autopsieprotokoll bei getöteten Personen
- Erhebungsbogen über Umfang und Grad der Fahrzeugbeschädigung sowie Art und Zustand des Sicherheitsgurtes
- Fotodokumentation der beschädigten Fahrzeuge.

29 Fälle mit seitlicher bzw. seitlich-frontaler Kollision wurden hieraus der Arbeit zugrunde gelegt.

2. Anstoßgeometrie - Insassenbewegung - Kollisionsanalyse

Die Rekonstruktion der Anstoßgeometrie erfolgte mit Hilfe der Angaben im Unfallprotokoll und der Beschädigungsbilder. Hierzu war die Aufstellung folgender fahrzeugspezifischer physikalischer Größen erforderlich:

- A) Fahrzeugmasse m , Fahrzeuglänge l , Fahrzeugbreite b
- B) Trägheitsradius r
- C) Trägheitsmoment $I (= m r^2)$ um vertikale Schwerachse
- D) Schwerpunktlagen
- E) Schwerpunktabstände vom Stoßangriffspunkt
- F) Bereich der Kollisionsgeschwindigkeiten v_1 bzw. v_2
- G) Kollisionswinkel φ .

Die Größen A), B), C), D) und E) wurden den Arbeitsblättern der Zeitschrift "Der Verkehrsunfall" (38) (früher "Information") entnommen. Die Größen F) und G) wurden anhand des Unfallprotokolls und der Beschädigungsbilder rekonstruiert. Die Größe F) wurde darüber hinaus aus einem Vergleich mit den Unfallanalysen bei Burg et al. (8) geschätzt. Die für die Größe G) ermittelten Werte können nur als Näherungswerte betrachtet werden, da die im Augenblick des Zusammenstoßes bestehende geometrische Figur nicht mehr erkennbar ist und deshalb nur relativ grobe Maße für die Rekonstruktion verwendet werden können. In Anbetracht der gerade in der Unfallstatistik zwangsläufig bedingten Ungenauigkeiten spielen jedoch einige Grad Abweichung bei der Ermittlung des Kollisionswinkels keine entscheidende Rolle. Entsprechendes gilt für die Größe F).

Als Bezugssystem wurde ein kartesisches Koordinatensystem mit der x-Achse als Abszisse und der y-Achse als Ordinate gewählt. Pkw (Lkw) 1 fuhr jeweils in x-Richtung. Stoßzentrum war der Nullpunkt.

Die Stoßziffer ϵ (= Verhältnis beider Stoßimpulse) wurde mit 0.1 angenommen, d. h. 1/10 elastischer, 9/10 pla-

stischer Stoßanteil. Die Insassenbesetzung wurde mit einem mittleren Gewicht von 70 kg pro Person veranschlagt. Lokale Reibungsbeiwerte und das Abgleiten der Fahrzeuge wurden vernachlässigt, da in den analysierten Fällen davon ausgegangen werden konnte, daß sich die Fahrzeuge beim Deformationsvorgang verhaken, so daß die oben genannten Faktoren einen kaum erfaßbaren Einfluß auf den Stoßvorgang ausüben.

Die Auswertung der Daten geschah mit Hilfe eines "WANG"-Computers, Modell 2200 MVP. Der Rechner ist in "BASIC-2" programmiert. Die Dateneingabe erfolgte über ein Bildschirmterminal. Ein Schnelldrucker warf die errechneten Werte für

- Stoßantrieb S
- Drehimpuls J
- Richtung des Dreimpulses J sowie die
- Rotationsgeschwindigkeit ω

für einen jeweils beliebig variierbaren Geschwindigkeitsbereich v_1 bzw. v_2 aus. Anstoßgeometrie und Insassenrelativbewegung wurden von einem "WANG-Plotter" erstellt.

Am Beispiel eines Pkw/Pkw-Kreuzungsunfalls (Fall 1, S. 54) und einer Pkw/Objekt-Kollision (Fall 5, S. 61) werden Anstoßgeometrie und Relativbewegung des kollisionsnahen Insassen im einzelnen dargestellt.

Legende zu Abb. 2

<u>Pkw 1 (Opel Kadett)</u>	<u>Pkw 2 (Audi 50 LS)</u>
A) $l_1 = 4,1 \text{ m}; b_1 = 1,6 \text{ m}$ $m_1 = 730 \text{ kg} + 3 \cdot 70 \text{ kg} = 940 \text{ kg}$	$l_2 = 3,55 \text{ m}; b_2 = 1,55 \text{ m}$ $m_2 = 685 \text{ kg} + 2 \cdot 70 \text{ kg} = 825 \text{ kg}$
B) $r_1 = 1,14 \text{ m}$	$r_2 = 1,097 \text{ m}$
C) $I_1 = 1221,624 \text{ kg m}^2$	$I_2 = 992,812425 \text{ kg m}^2$
D) $S_1 = (-1,85) (0)$	$S_2 = (0,73) (0,2)$
E) $S_1 Q_1 = 1,65$	$S_2 Q_2 = 1,55$
F) $v_1 = 50 \text{ km/h}$	$v_2 = 50 \text{ km/h}$
G) $\varphi = 90^\circ$	F) * $x_1 / y_1 = (0) / (0,39)$

) * Sitzposition des Fahrers bezüglich des Koordinatensystems x_1 / y_1

Maßstab: 1:50

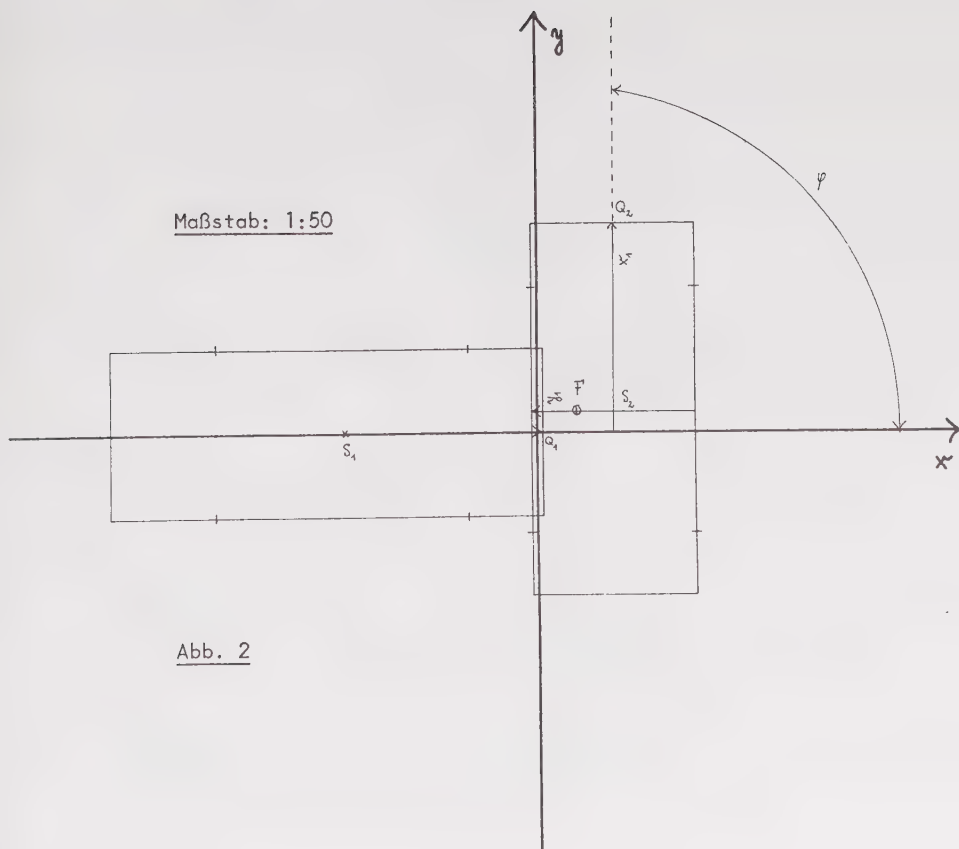


Abb. 2

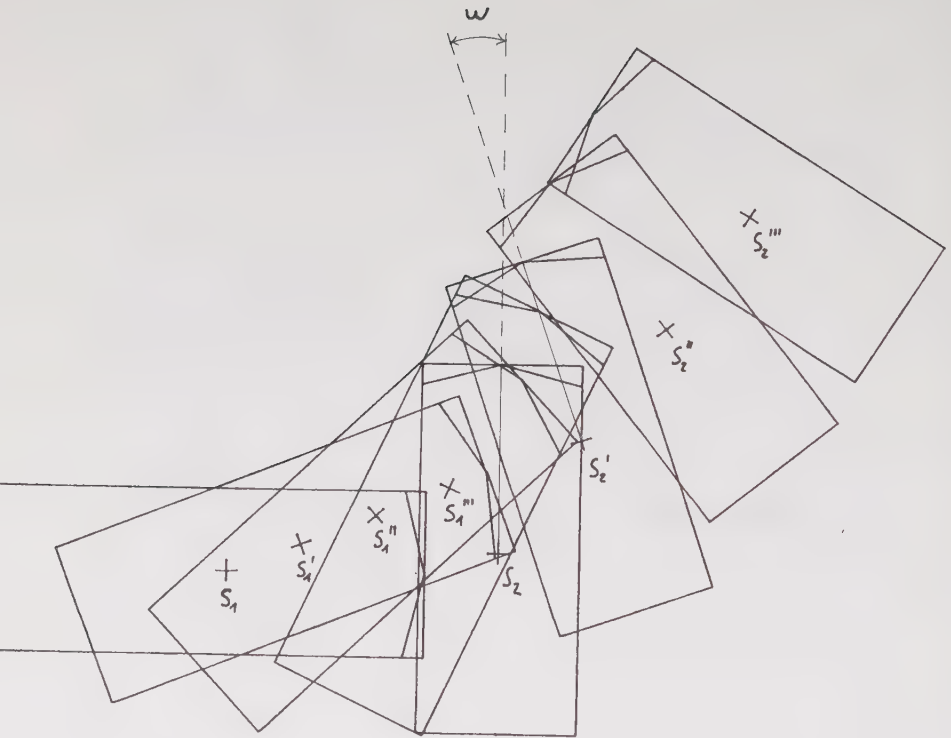


Abb. 3: zeigt, daß Pkw 2 mit der Winkelgeschwindigkeit ω
ca. $18 \text{ Grad}/10^{-1} \text{ sec}$ entgegen dem Uhrzeigersinn "dreht"

S_1 bzw. S_2 = Lage der Fahrzeugschwerpunkte zum Zeitpunkt der Kollision

S_1' bzw. S_2' = Lage der Fahrzeugschwerpunkte 0,1 sec nach dem Aufprall

S_1'' bzw. S_2'' = Lage der Fahrzeugschwerpunkte 0,2 sec nach dem Aufprall

S_1''' bzw. S_2''' = Lage der Fahrzeugschwerpunkte 0,3 sec nach dem Aufprall

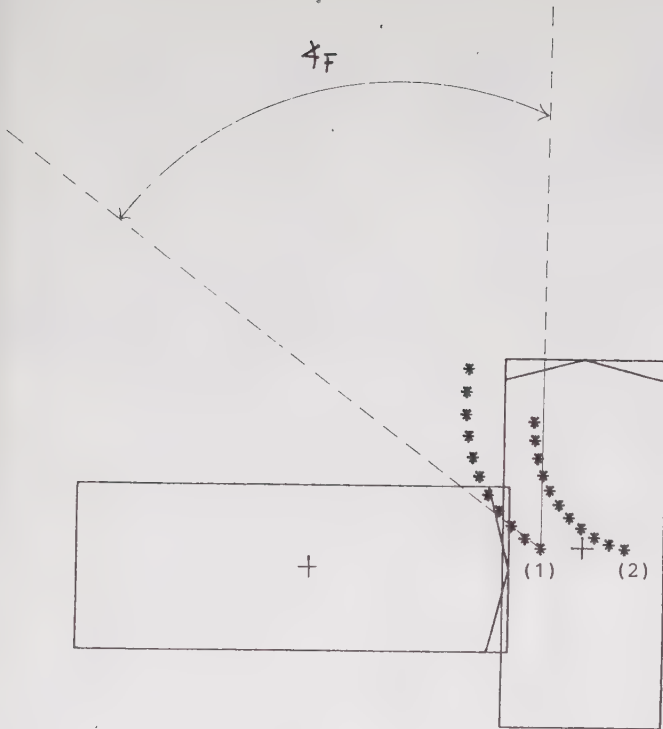


Abb. 4

(1)+(2) = Projektion der Trajektorien des Fahrers und des Beifahrers auf die Horizontalebene des Fahrzeugs. Ohne Curt würde sich der kollisionsnahe Insasse entlang der Trajektorie (1) bewegen. 0,2 sec nach der Kollision wird das Rückhaltesystem wirksam, sofern die Relativbewegung nicht von der Karosserie behindert wird.

φ_F = Winkel der Bewegung des Fahrers relativ zu Pkw 2 (57°)¹
(Der Abstand zwischen 2 Markierungspunkten beträgt jeweils 0,1 sec).

¹ Winkel im Uhrzeigersinn +, entgegen dem Uhrzeigersinn -

KOLLISIONS-ANALYSE 42

FAHRZEUG

1

2

OPEL KADETT

AUDI 50 LS

MASSSE

940

825

KG

TRCH.RD.

1.14

1.097

M

TRCH.MOMENT

1221.624

992.812425

KG*M42

SCHWERPUNKTE:

X =

-1.85

.727

M

Y =

0

.2

M

ANFAHRWINKEL

90

GRAD

AX = 5.60990487E-03

Y ↑

AY = 2.31624058E-03

:

K = 1.46452639E-04

+---> X

Stoßzentrum im Koord.-Ursprung
FAHRZEUG 1 fährt in X-Richtung

V2= 50 KM/H = 13.89 M/S

J2= 11459 N*S

STOSSFAKTOR: E = .1

	V1	50	60	70 KM/H
=	13.89	16.66	19.44	M/S
J1	13055	15666	18277	N*S

	S	6923	8155	9411 N*S
SX	6434	7755	9077	N*S
SY	-2555	-2520	-2486	N*S
>S	-22	-18	-15	GRAD

OPEL KADETT:

	V1'	7.55	8.83	10.13 M/S
J1'	7097	8302	9530	N*S
>J1'	21	17	15	GRAD
W1'	3.86	3.81	3.76	1/S
=	221	218	215	GD/S

AUDI 50 LS:

	V2'	13.31	14.34	15.47 M/S
J2'	10994	11933	12762	N*S
>J2'	54	49	44	GRAD
W2'	3.16	3.40	3.64	1/S
=	181	195	209	GD/S

S = Stoßantrieb, V, V' = Geschwindigkeiten
J, J' = Impulse, >J' = Richtung d. Impulse
W' = Rotationsgeschw.

Maßstab: 1:50

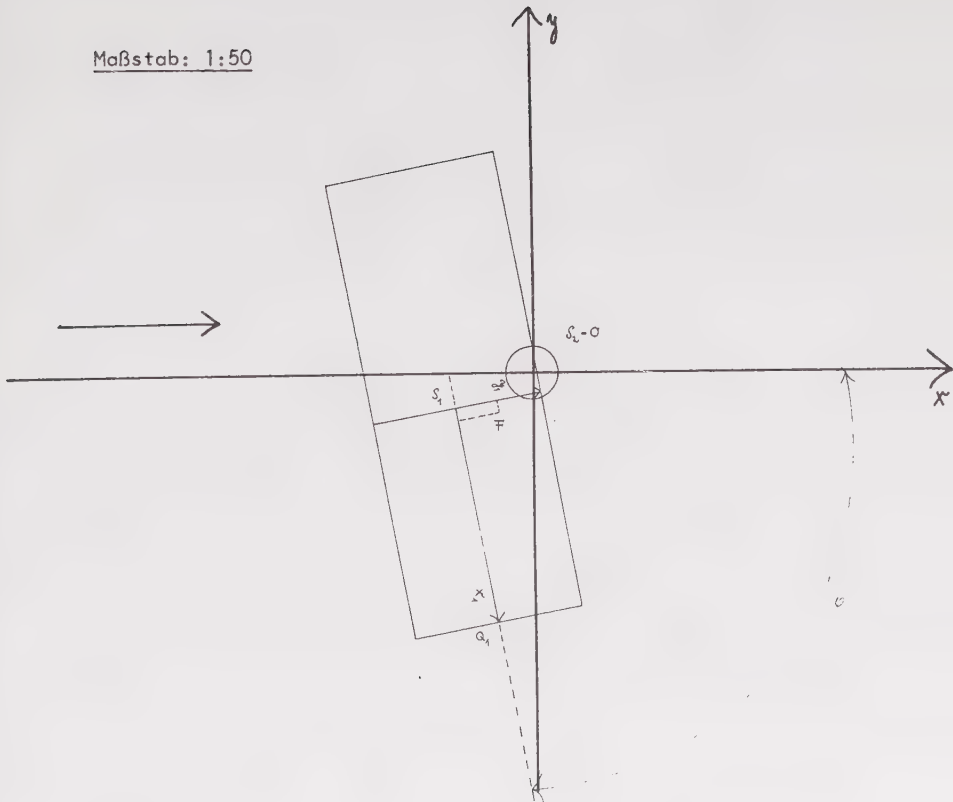


Abb. 5

Legende zu Abb. 5

<u>Pkw 1</u> (Fiat 132 GLS)	<u>Baum</u>
A) $l_1=4,376 \text{ m}; b_1=1,631 \text{ m}$ $m_1=1070 \text{ kg} + 70 \text{ kg}=1140 \text{ kg}$	$l_2=0,5 \text{ m}; b_2=0,5 \text{ m}$ $m_2=100000 \text{ kg } (10^5)$
B) $r_1=1,2 \text{ m}$	$r_2=10000 \text{ m } (10^4)$
C) $I_1=1641,6 \text{ kg m}^2$	$I_2=10^{13} \text{ kg m}^2$
D) $S_1=(-0.74)/(-0.34)$	$S_2=(0.0)/(0.0)$
E) $S_1Q_1=2,09 \text{ m}$	$S_2\text{-Kreislinie}=0.25 \text{ m}$
F) $v_1=40 \text{ km/h}$	$v_2=0 \text{ km/h}$
G) $\varphi = -79^\circ$	F)* $x_1/y_1=(0.13)/(0.39)$

)* F = Sitzposition des Fahrers bezüglich des Koordinatensystems x_1/y_1

Bei den Fällen, in denen die Kollisionsstellung nicht mit der Bewegungsrichtung entlang der x-Achse (0°) identisch ist, ist die Bewegungsrichtung durch $\longrightarrow$ symbolisiert.

S_1 = Lage des Fahrzeugschwerpunkts zum Zeitpunkt
des Anpralls gegen den Baum

S'_1 = Lage des Fahrzeugschwerpunkts 0.1 sec nach dem Aufprall

S''_1 = Lage des Fahrzeugschwerpunkts 0.2 sec nach dem Aufprall

S'''_1 = Lage des Fahrzeugschwerpunkts 0.3 sec nach dem Aufprall

Wie Abb. 6 zeigt, rotiert Pkw 1 mit der Winkelgeschwindigkeit
 ω ca. $11 \text{ Grad}/10^{-1} \text{ sec}$ um seine Hochachse.

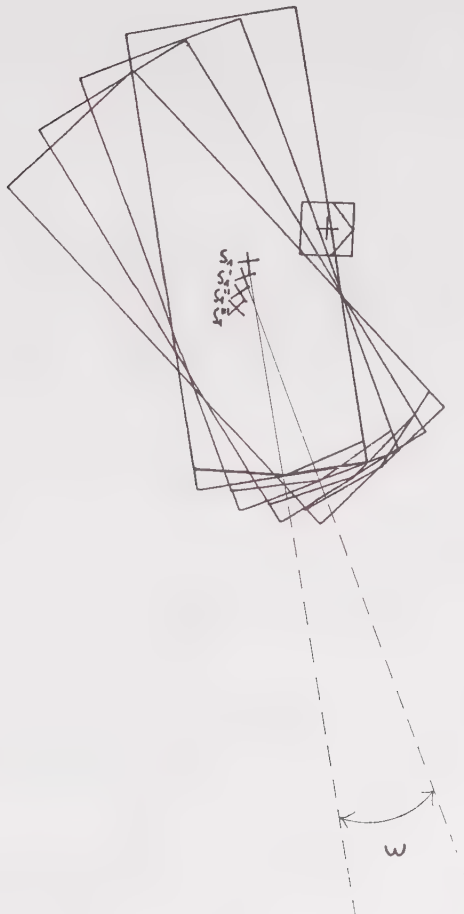


Abb. 6

(1) = Projektion der Trajektorie des Fahrers auf die Horizontalebene des Fahrzeugs. Der Abstand zwischen zwei Markierungspunkten beträgt jeweils 0.1 sec.

γ_F = Winkel der Relativbewegung des Fahrers 0.2 sec nach dem Aufprall. Etwa zu diesem Zeitpunkt wird das Rückhaltesystem (Sicherheitsgurt) wirksam.

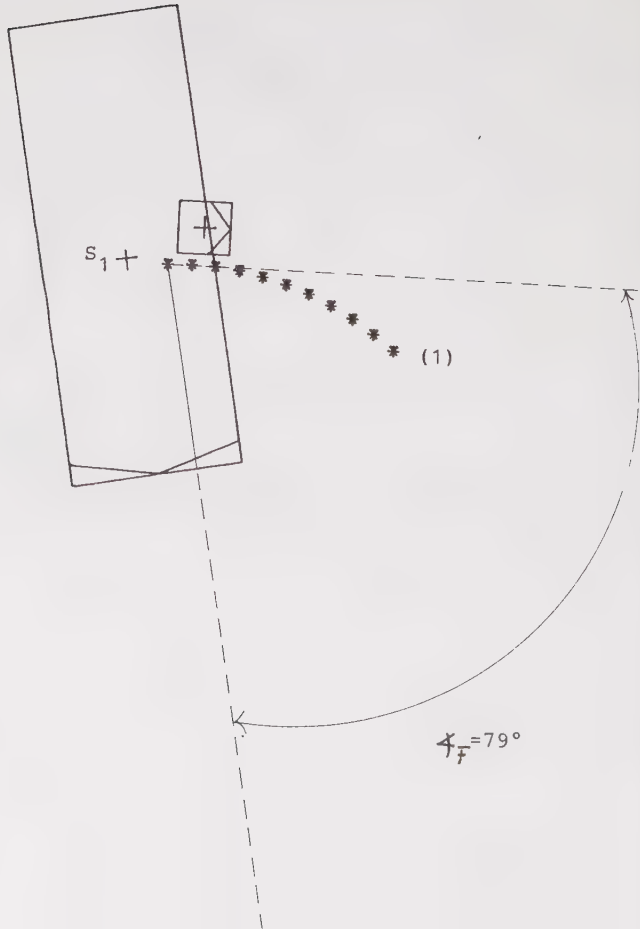


Abb. 7

KOLLISIONS-ANALYSE 47

FAHRZEUG	1	2	
	FIAT 132 CLS	BAUM	
MASSE	1140	100000	KG
TRCH.RD.	1.2	10000	M
TRCH.MOMENT	1641.6	1.00000000E+13	KOMM2
SCHWERPUNKT:			
X -	-1.74	0	M
Y -	-1.34	0	M
ANFAHRWINKEL		0	GRAD
AX - 1.22076778E-03		Y ↑	
AY - 9.57412088E-01		:	
K - 1.53265107E-04		+----> X	

Stoßzentrum im Koord.-Ursprung
FAHRZEUG 1 fahrt in X-Richtung

ACHSEN PARALLEL -1 SX/SY - 7.96 BZW. 7 GRAD
RICHTUNG DER STOßKRAFT UND DES ANTRIEBS UNABHÄNGIG VON V1 UND V2

V2=0 - SX/SY - 7.965387440381 7.155923349642 GRAD
J1X'/J1Y' - -1.5554992911215 -60.94785923298 GRAD
RICHTUNG VON STOßANTRIEB S UND IMPULS J1' UNABHÄNGIG VON V1 UND V2

V2= 0 KM/H - 0.00 M/S J2= 0 M/S

STOßFAKTOR: E= .1

V1	40	50	60 KM/H
-	11.11	13.89	16.66 M/S
J1	12666	15833	19000 N*S
S	13127	16409	19690 N*G
SX	13024	16261	19537 N*G
SY	1635	2044	2462 N*G
OS	7	7	7 GRAD
FIAT 132 CLS.			
V1'	1.46	1.83	2.20 M/S
J1'	1674	2092	2511 N*G
>J1'	257	257	257 GRAD
W1'	1.96	2.45	2.94 1/S
-	112	140	169 CD/S
BAUM:			
V2'	0.13	0.16	0.19 M/S
J2'	13127	16409	19690 N*G
>J2'	7	7	7 GRAD
W2'	0.00	0.00	0.00 1/S
-	0	0	0 CD/S

S - Stoßantrieb, V,V' - Geschwindigkeiten
J,J' - Impulse, >J' - Richtung d. Impulse
W' - Rotationsgeschw.

3. Bewertung der Verletzungen

Der Bewertung der Verletzungen wurde die von der "American Association for Automotive Medicine" (AAAM) entwickelte "Abbreviated Injury Scale" (AIS) in der revidierten Fassung von 1980 (2) zugrunde gelegt. Sie enthält insgesamt mehr als 500 verschiedene Verletzungsbeschreibungen. Dem Schweregrad einer Verletzung wird hiernach jeweils eine entsprechende "AIS"-Code-Ziffer zugeordnet, wobei im einzelnen bedeuten:

<u>AIS</u>	<u>-</u>	<u>Schweregrad</u>
1		geringgradig
2		mäßig
3		schwer
4		bedeutend
5		kritisch
6		maximale Verletzung, wird als praktisch nicht überlebbare gewertet
7		unbekannt

Die sieben Körperbereiche, die zur Bestimmung des "AIS" Verwendung finden, umfassen:

<u>Körperregionen nach "AIS"</u>	
1) Äußerlich	Oberfläche, Haut, und zwar in jeder Körperregion
2) Kopf	knöcherner Schädel, Gehirn, Gesicht, Auge, Ohr
3) Hals	Halsorgane, Kehle
4) Thorax	Thoraxorgane und Brustkorb
5) Bauch-, Beckeninhalt	Bauch- und Beckenorgane
6) Wirbelsäule	Gesamte Wirbelsäule (Hals-, Brust- und Lumbalbereich) inklusive Rückenmark
7) Extremitäten	Arme und Beine, Beckenknochen.

Zur Bewertung der Gesamtverletzungsschwere wurde der "Maximum AIS" (MAIS) herangezogen. Der "MAIS" entspricht dem höchsten bei einem Verletzten festgestellten "AIS"-Code. Wenn nur eine einzige Verletzung vorliegt, ist der "MAIS" identisch mit diesem "AIS"-Code.

Der Eintritt des Todes wurde jeweils gesondert durch ✱ vermerkt. Schädel- und Hirnverletzungen wurden sowohl aufgrund der anatomischen Läsion wie auch mit Hilfe des Ausmaßes der Bewußtlosigkeit (anatomisch nicht faßbare Läsionen) beschrieben.

IV. ERGEBNISSE

1. Gliederungsprinzip

Die Fälle 1 - 29 wurden nach Stoßflächen I - III gruppiert.

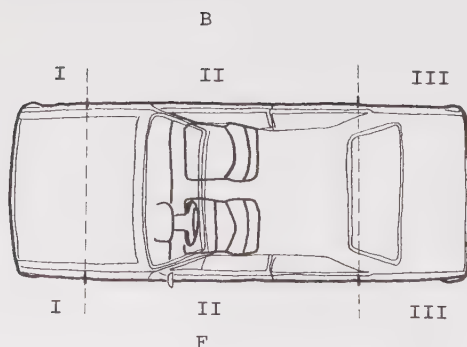


Abb. 8

Anstoß an der Fahrerseite ist durch F,
 Anstoß an der Beifahrerseite durch B gekennzeichnet.
 Stoßfläche I umfaßt den Abstand Frontseite - Vorderachse,
 Stoßfläche II den Abstand Vorderachse - Hinterachse
 (Fahrgastzelle),
 Stoßfläche III den Abstand Hinterachse - Heckseite.

Seitlich-frontale Kollisionen wurden ebenfalls nach F und B unterteilt.
Pkw/Lkw Kollisionen wurden der Stoßfläche II zugeordnet, sofern die Fahrgastzelle des Pkw wesentlich deformiert war.

Darnach ergab sich:

1. Stoßfläche II

A) Anstoß an der Fahrerseite	Fall Nr.	Abb. Nr.
a) Pkw/Pkw	1 - 3	9 - 13
b) Pkw/Objekt	4 - 5	14 - 17
B) Anstoß an der Beifahrerseite		
a) Pkw/Pkw	6 - 8	18 - 22
b) Pkw/Objekt	9 - 10	23 - 25

2. Stoßfläche I (Stoßrichtung 8 - 10 Uhr)

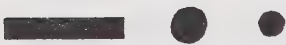
A) Anstoß an der Fahrerseite		
a) Pkw/Pkw bzw. Krad/Pkw	11 - 14	26 - 33
B) Anstoß an der Beifahrerseite		
a) Pkw/Pkw	15 - 16	34 - 37

3. Seitlich-frontale Kollisionen (Stoßrichtung 10 - 2 Uhr)

A) Anstoß an der Fahrerseite		
a) Pkw/Pkw bzw. Krad/Pkw	17 - 23	38 - 50
b) Pkw/Objekt	24 - 25	51 - 54
c) Pkw/Lkw bzw. Pkw/Omnibus	26 - 28	55 - 60
B) Anstoß an der Beifahrerseite		
a) Pkw/Pkw	-	-
b) Pkw/Objekt	29	61
c) Pkw/Lkw	-	-

Für Kollisionen auf Stoßfläche III wies das Untersuchungsmaterial keinen zur Auswertung geeigneten Fall auf. Innerhalb der Untergruppen a), b) und c) wurden die Fälle nach steigendem "MAIS" geordnet. Bei gleichem "MAIS" gab die Summe der Einzelverletzungen ("AIS") den Ausschlag.

Zur Darstellung der Verletzungen wurden im wesentlichen folgende Symbole verwandt (modifiziert nach v. Weymarn (40)).

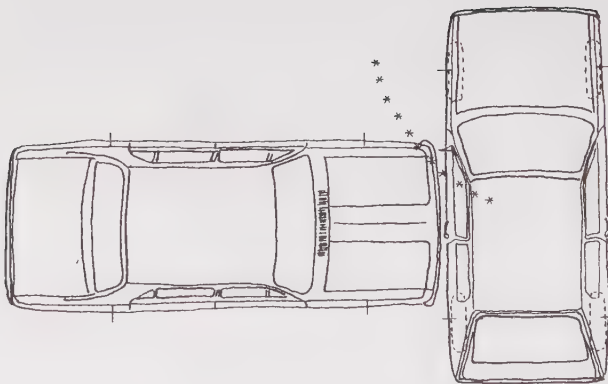
	= Hämatom je nach Ausdehnung und Größe
	= Fraktur
	= Trümmerfraktur
	= Prellung, bei Schädelhirnverletzungen Contusio
	= Riß-, Schnitt-, Platzwunde (oberflächlich = bis ins Corium reichend)
	= Riß-, Schnitt-, Platzwunde (tief = bis ins Subkutangewebe)
	= Schürfwunde

Die Erklärung weniger häufiger Symbole ergibt sich aus der Legende bei den einzelnen Abbildungen.

2. Vorstellung der Fälle 1 - 29

Jede Falldarstellung zeigt zunächst die geometrische Figur zum Zeitpunkt des Anstoßes und enthält Angaben über Kollisionsumstände, Kollisionsgeschwindigkeiten, Massenverhältnisse und die Winkel der Insassenrelativbewegung. Der besseren Übersichtlichkeit halber wurde auf eine Überdeckung der Fahrzeuge verzichtet.

Die Insassen (F = Fahrer, B = Beifahrer) sind nach Geschlecht, Alter, Körpergröße und Gewicht - soweit bekannt - gekennzeichnet. Jeder Einzelverletzung ist in Klammern die entsprechende "AIS"-Code-Ziffer zugeordnet.

Fall 1: KreuzungsunfallKollisionsstellung: 90° 

$$\alpha_F = 57^\circ$$

Abb. 9Pkw 1 (Opel Kadett) $v_1 = 30-50 \text{ km/h}$ $m_1 = 940 \text{ kg}$ Pkw 2 (Audi LS 50) $v_2 = 50 \text{ km/h}$ $m_2 = 825 \text{ kg}$

retrograde Amnesie (2)

Commotio (2)

Klavikula (2)

3.-8. Rippe (2)

Sitz- und
Schambein (2)

Abb. 10a

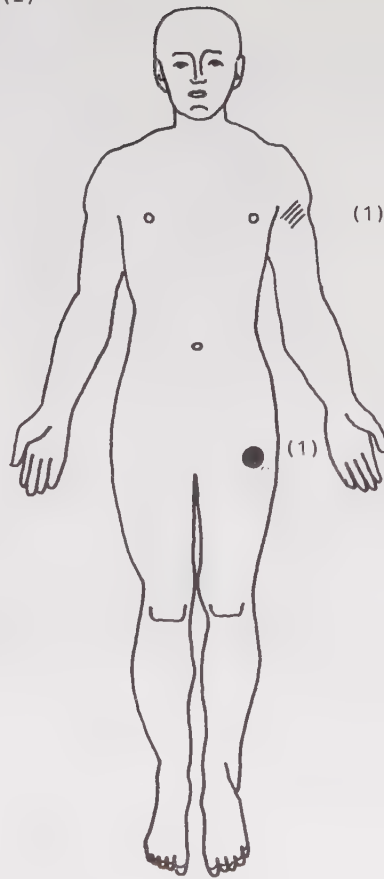


Abb. 10b

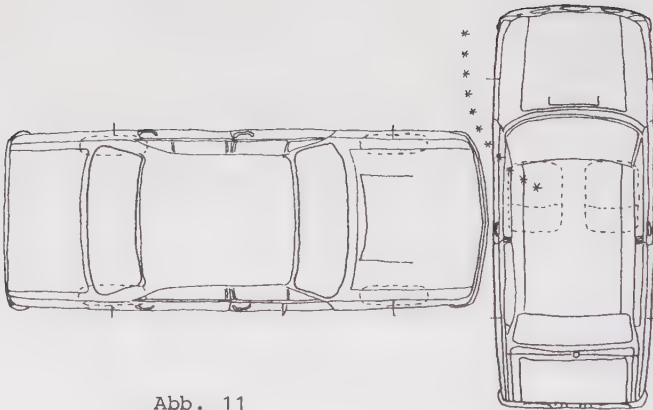


65 J.

165 cm 70 kg

F 1

MAIS 2

Fall 2: KreuzungsunfallKollisionsstellung: 90° Abb. 11Pkw 1 (Audi 100) $v_1 = 30-50 \text{ km/h}$ $m_1 = 1120 \text{ kg}$ Pkw 2 (Daf 33) $v_2 = 30 \text{ km/h}$ $m_2 = 1005 \text{ kg}$

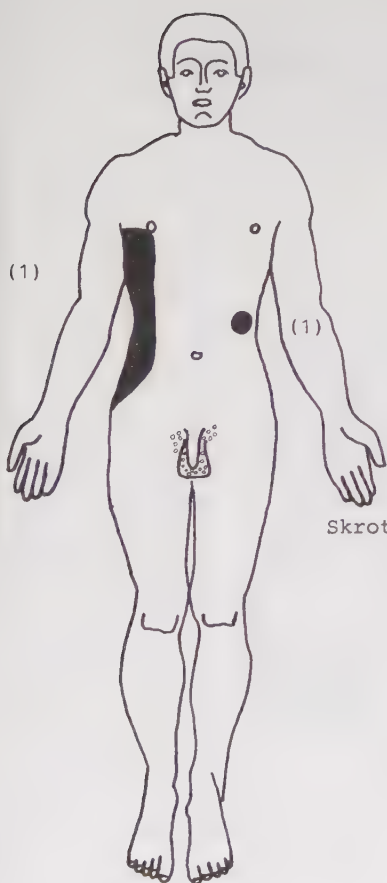


Abb. 12a

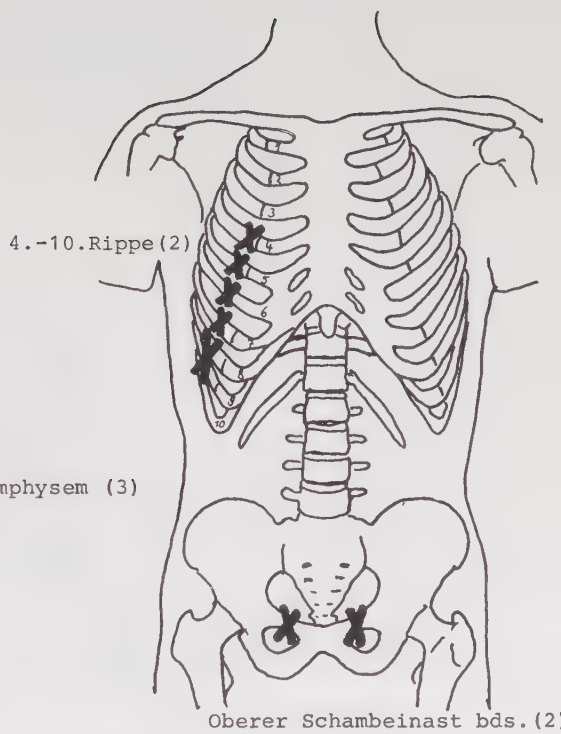


Abb. 12b

Pneumothorax (3)

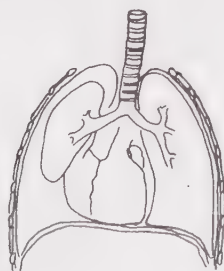


Abb. 12c



61 J.

168 cm 75 kg

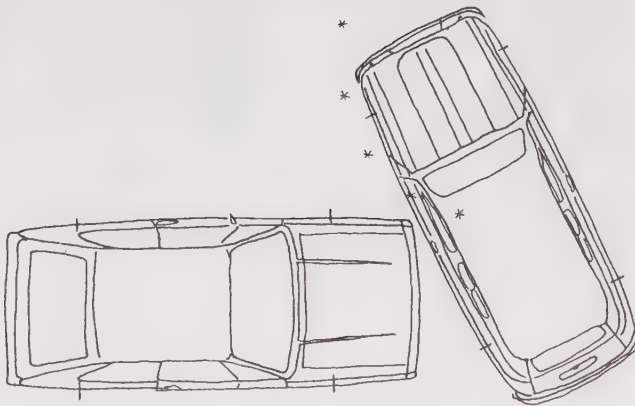
F 2

MAIS 3

Fall 3: Gegenverkehrsunfall

Pkw 2 schleudert auf die Gegenfahrbahn
und kollidiert mit Pkw 1. * *

Kollisionsstellung: 114° *

Abb. 13Pkw 1 (VW Scirocco) $v_1 = 60-80 \text{ km/h}$ $m_1 = 940 \text{ kg}$ Pkw 2 (Renault 4) $v_2 = 80 \text{ km/h}$ $m_2 = 725 \text{ kg}$ 

23 J.

F 3
AIS 9

Fall 4: Alleinunfall

Pkw 1 kommt von der Fahrbahn nach rechts
ab und prallt gegen einen Baum.

Kollisionsstellung: -42°

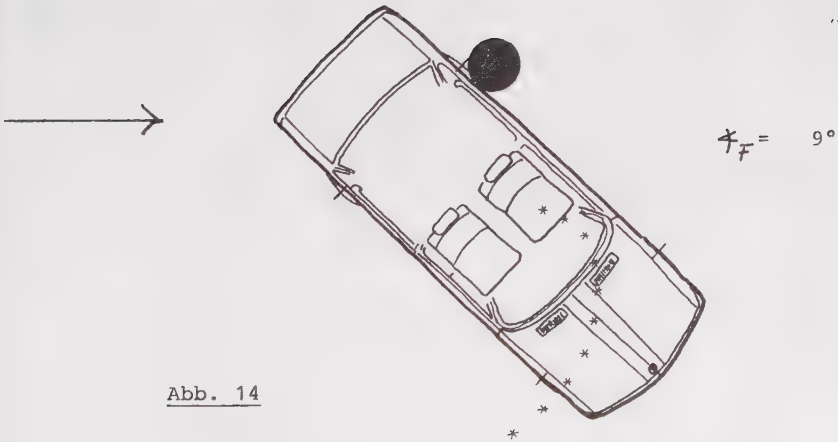
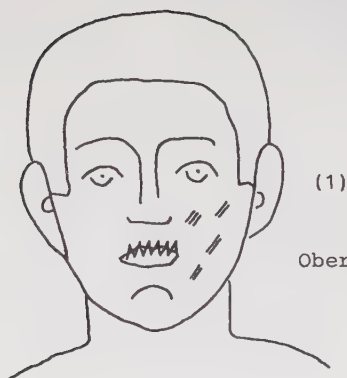


Abb. 14

Pkw 1 (BMW 320)

$v_1 = 40-60 \text{ km/h}$

$m_1 = 1100 \text{ kg}$



(1)
Oberlippe (1)

Abb. 15a

Antero- und retrograde Amnesie (2)
Commotio (2)

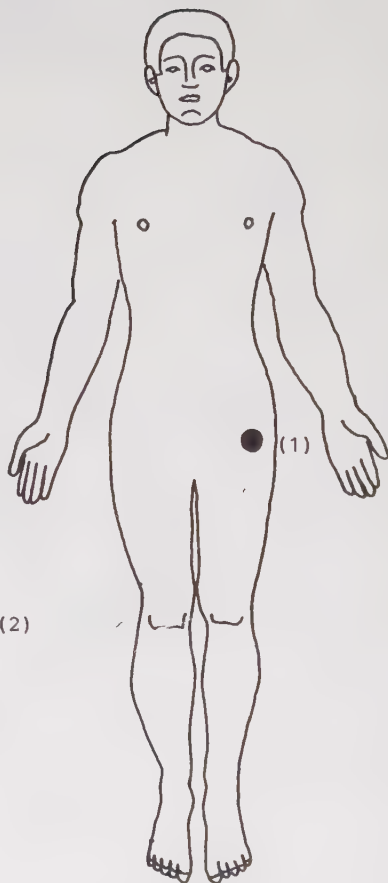


Abb. 15b

♂ 27 J.
180 cm 75 kg

F 4
MAIS 2

Fall 5: Alleinunfall

Pkw 1 kommt von der Fahrbahn nach rechts
ab und prallt gegen einen Baum.

Kollisionsstellung: -79°

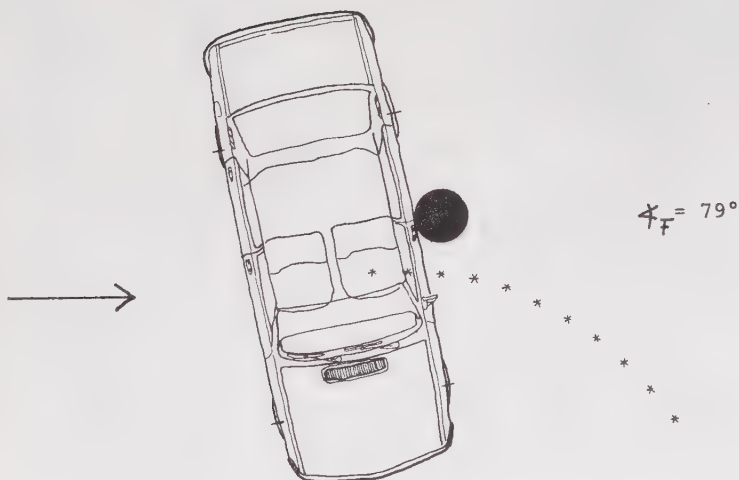


Abb. 16

Pkw 1 (Fiat 132 GLS)

$v_1 = 30-50 \text{ km/h}$

$m_1 = 1140 \text{ kg}$

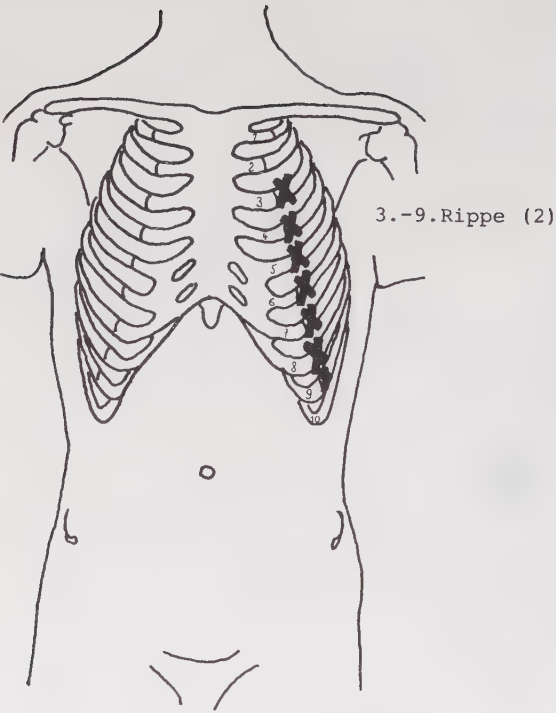


Abb. 17a

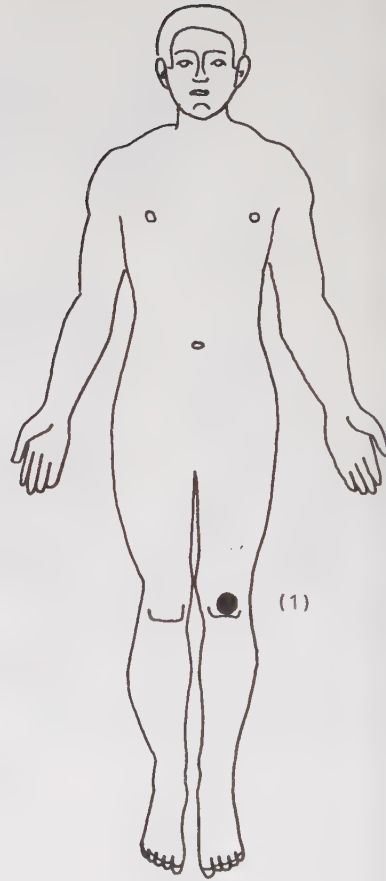


Abb. 17b

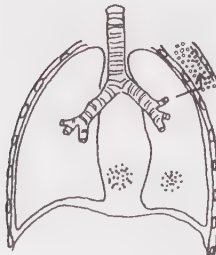


Abb. 17c

Hautemphysem

Lungenkontusion (3)

Herzkontusion (3)

Skapula (2)

2.-12. Rippe (2)

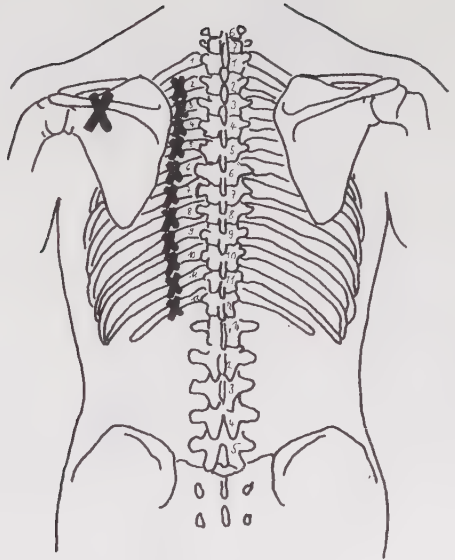


Abb. 17d



46 J.

180 cm 100 kg

F 5

MAIS 3

Fall 6: Pkw 2 kollidiert beim Abbieben mit Pkw 1.
Kollisionsstellung: -39°

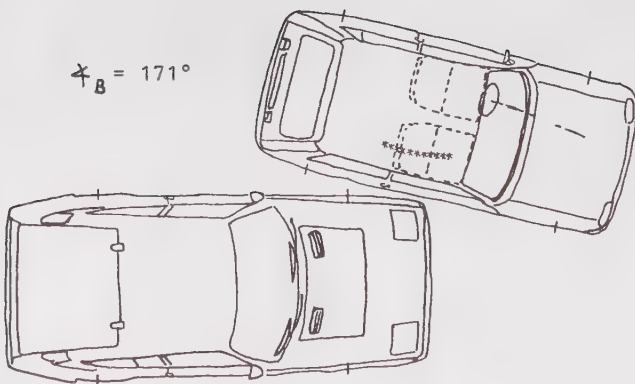


Abb. 18

Pkw 1 (Simca 1100)

$v_1 = 20-40 \text{ km/h}$

$m_1 = 980 \text{ kg}$

Pkw 2 (Renault 5)

$v_2 = 30 \text{ km/h}$

$m_2 = 760 \text{ kg}$

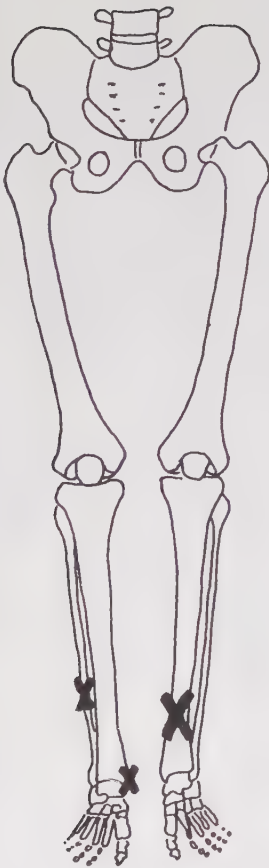


Abb. 19a

Tibia (2)

Sprunggelenkluxationsfraktur
(Typ Weber C) (3)

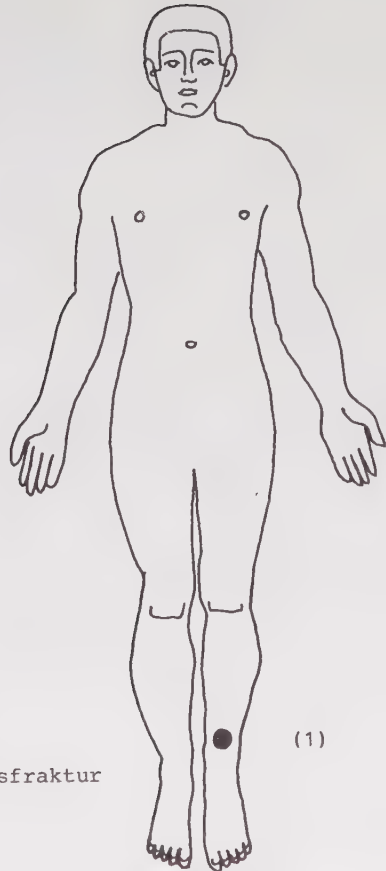
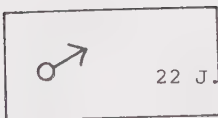
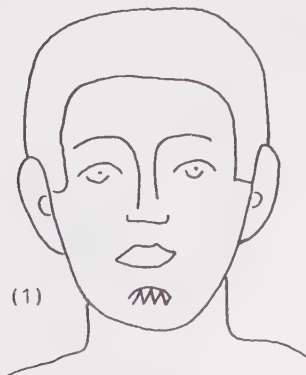


Abb. 19b

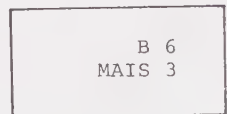
(1)



22 J.



(1)

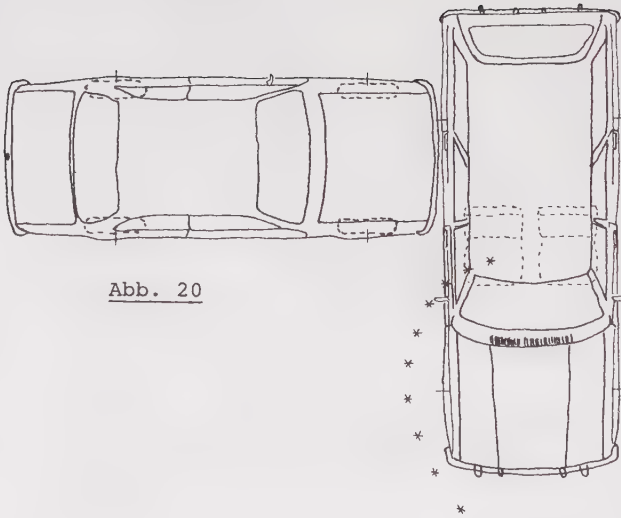


B 6
MAIS 3

Abb. 19c

Fall 7: Gegenverkehrsunfall

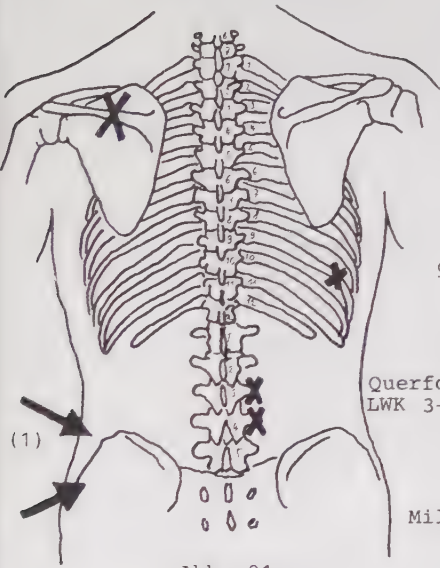
Pkw 2 schleudert auf die Gegenfahrbahn

Kollisionsstellung: -90° Abb. 20

$$\varphi_B = 86^\circ$$

Pkw 1 (Opel Kadett) $v_1 = 30-50 \text{ km/h}$ $m_1 = 875 \text{ kg}$ Pkw 2 (Ford Taunus Turnier) $v_2 = 60 \text{ km/h}$ $m_2 = 1315 \text{ kg}$

Skapula (2)



9. Rippe (1)

Querfortsatz
LWK 3+4 (3)

Milzruptur (4)

Abb. 21a

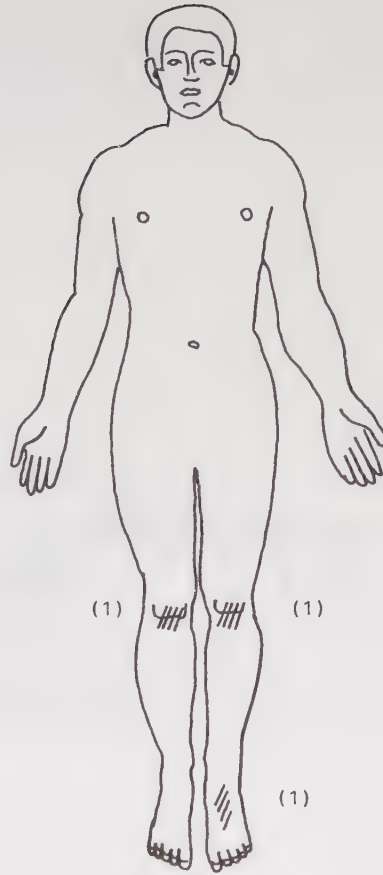


Abb. 21b

Hämatothorax (3)

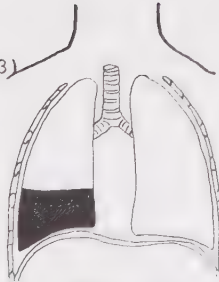


Abb. 21c

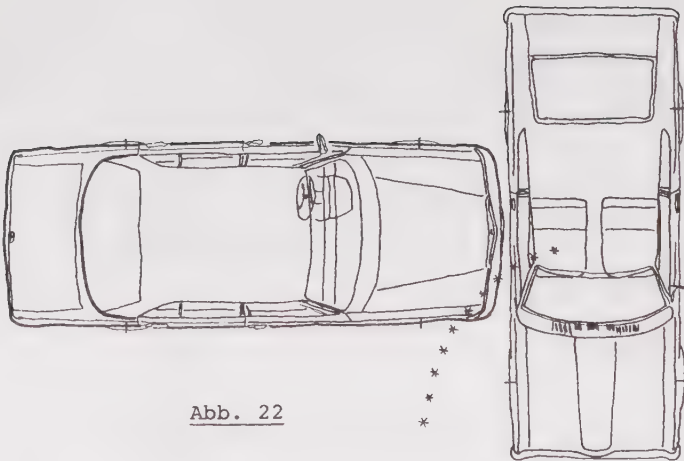


28 J.

185 cm 75 kg

B 7
MAIS 4

Fall 8: Pkw 2 kollidiert beim Abbiegen mit Pkw 1.
Kollisionsstellung: -90°



$\varphi_B = 66^\circ$

Abb. 22

Pkw 1 (Mercedes 280)

$v_1 = 40-60 \text{ km/h}$

$m_1 = 1585 \text{ kg}$

Pkw 2 (Ford Taunus 1600)

$v_2 = 40 \text{ km/h}$

$m_2 = 1205 \text{ kg}$

♀

73 J.



B 8
AIS 9

Fall 9: Alleinunfall

Pkw 1 gerät auf die linke Fahrbahnseite
und stößt gegen ein Brückengeländer.

Kollisionsstellung: 90°

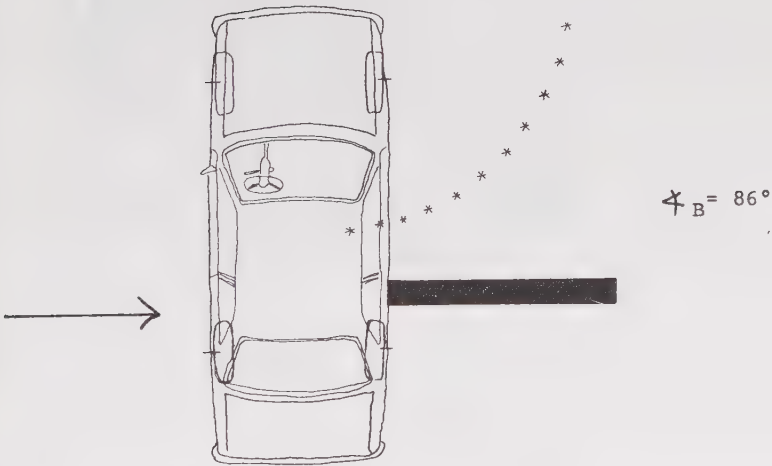


Abb. 23

Pkw 1 (Opel Ascona)

$v_1 = 30-50 \text{ km/h}$

$m_1 = 1140 \text{ kg}$

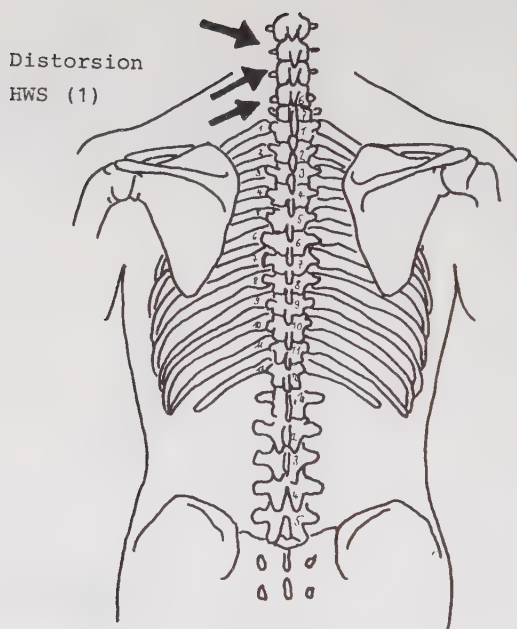


Abb. 24

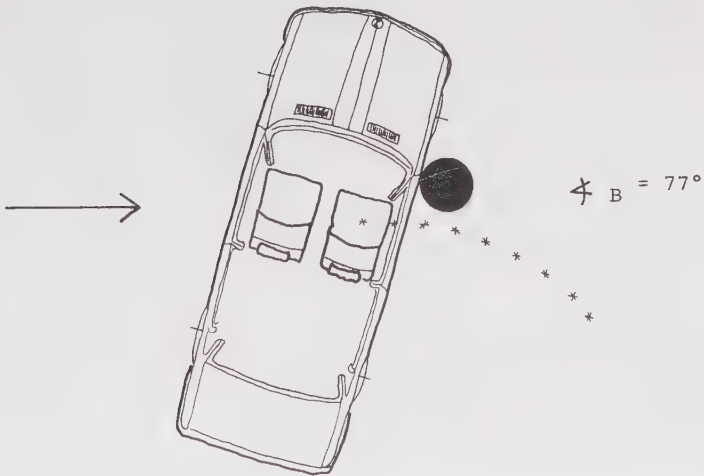
♀

35 J.

B 9
MAIS 1

Fall 10: Alleinunfall

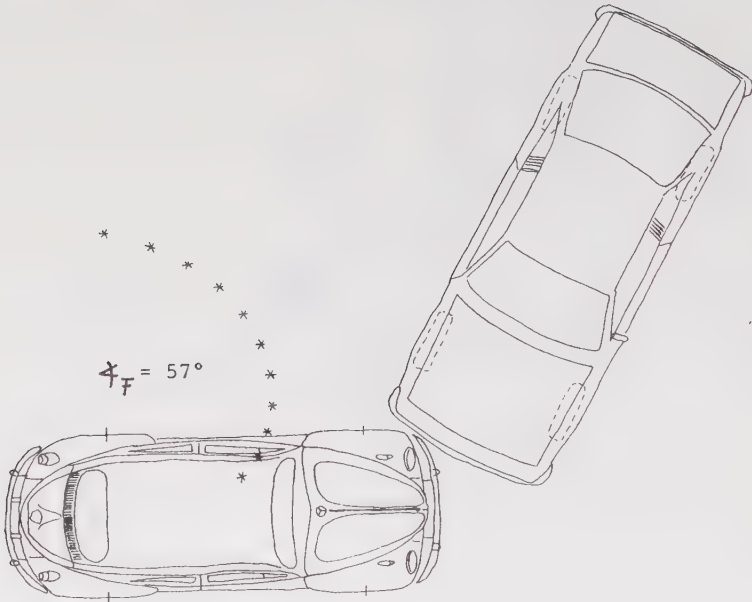
Pkw 1 schleudert gegen einen neben dem linken Straßenrand stehenden Baum.
 Der nicht angeschnallte Fahrer wurde bei dem Unfall ebenfalls getötet.
 Kollisionsstellung: 75°

Abb. 25Pkw 1 (BMW 320) $v_1 = 60-80 \text{ km/h}$ $m_1 = 1170 \text{ kg}$

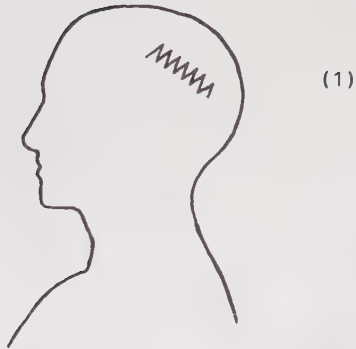
♀

41 J.


 B 10
 AIS 9

Fall 11: KreuzungsunfallKollisionsstellung: -117° Abb. 26Pkw 1 (VW) $v_1 = 30-50 \text{ km/h}$ $m_1 = 850 \text{ kg}$ Pkw 2 (Opel Manta) $v_2 = 50 \text{ km/h}$ $m_2 = 1090 \text{ kg}$

Commotio (2)

Abb. 27

♀

20 J.

F 11
MAIS 2

Fall 12: Pkw 2 kollidiert beim Wenden auf der
 Fahrbahn mit Kraftrad 1.
 Kollisionsstellung: 66°

Kraftrad 1 (BMW)

$v_1 = 20-40 \text{ km/h}$

$m_1 = 280 \text{ kg}$

Pkw 2 (Simca 1000)

$v_2 = 20 \text{ km/h}$

$m_2 = 790 \text{ kg}$

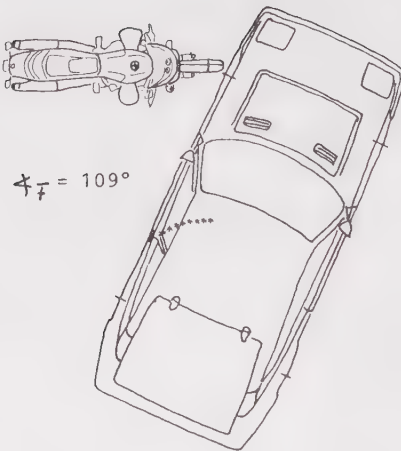


Abb. 28

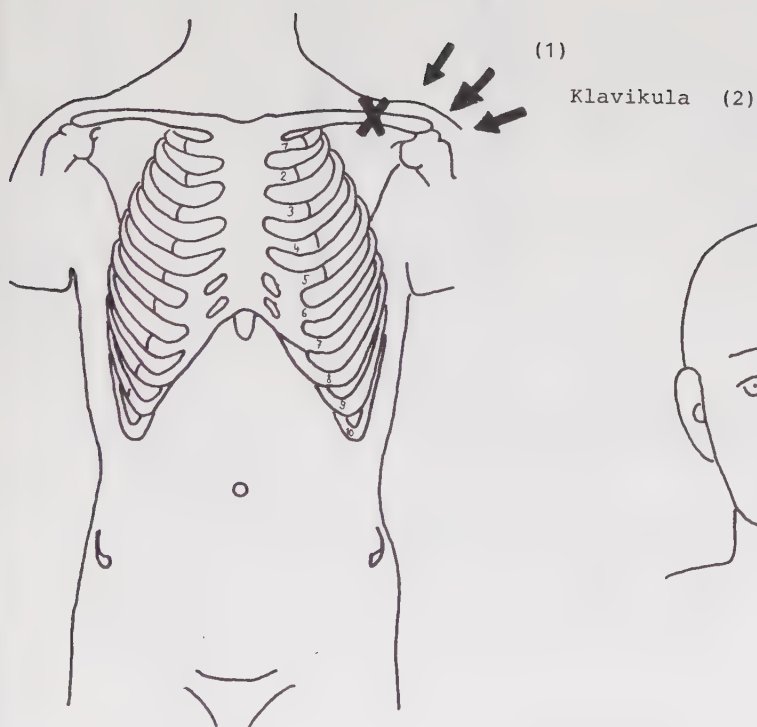


Abb. 29a

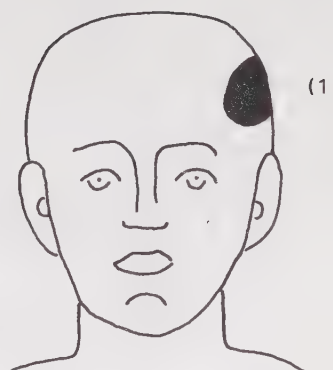


Abb. 29b

♀

22 J.

163 cm 52 kg

F 12

MAIS 2

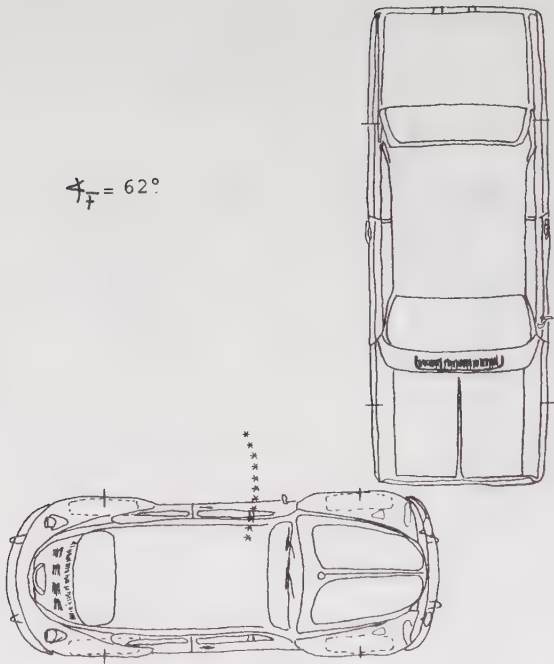


Abb. 30

Fall 13: KreuzungsunfallKollisionsstellung: 90° Pkw 1 (VW 1302) $v_1 = 20-40 \text{ km/h}$ $m_1 = 890 \text{ kg}$ Pkw 2 (Ford Taunus) $v_2 = 30 \text{ km/h}$ $m_2 = 1085 \text{ kg}$

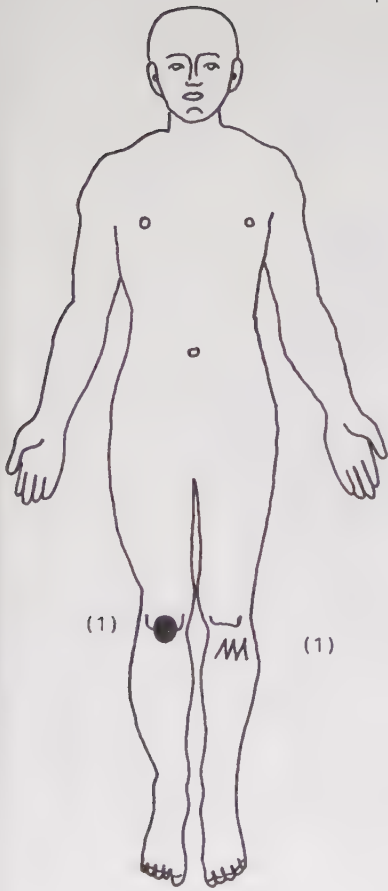
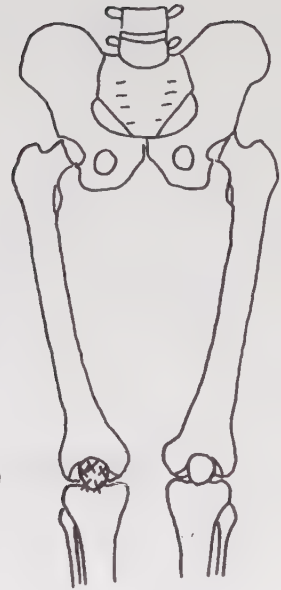


Abb. 31a

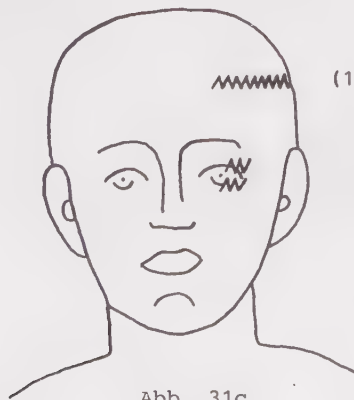


Patella (2)

Abb. 31b

Amnesie (2)

Commotio (2)



(1)

Oberlid (1)

Unterlid (1)

Abb. 31c

Os metacarpale (2)

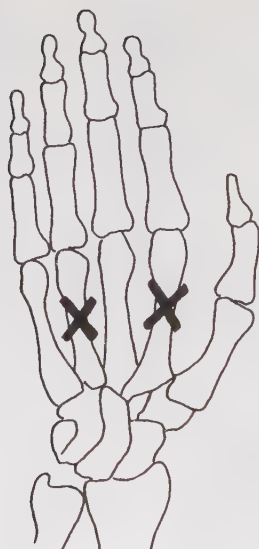


Abb. 31d

♀

62 J.
165 cm 63 kg

F 13

MAIS 2

Fall 14: Gegenverkehrsunfall

Pkw 2 gerät in einer Linkskurve ins Schleudern
und prallt gegen Pkw 1.

Kollisionsstellung: 238°

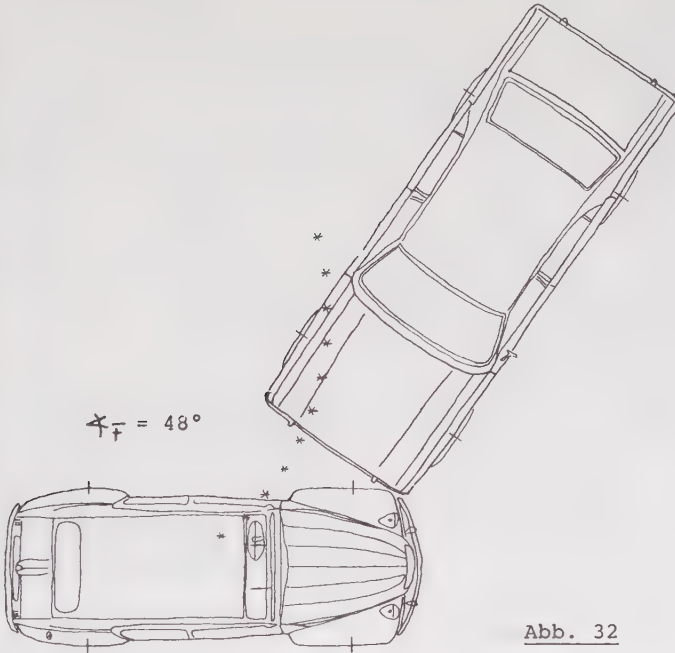


Abb. 32

Pkw 1 (Citroen 2 CV)

$v_1 = 40 \text{ km/h}$

$m_1 = 595 \text{ kg}$

Pkw 2 (Ford Granada GXL)

$v_2 = 60-80 \text{ km/h}$

$m_2 = 1415 \text{ kg}$

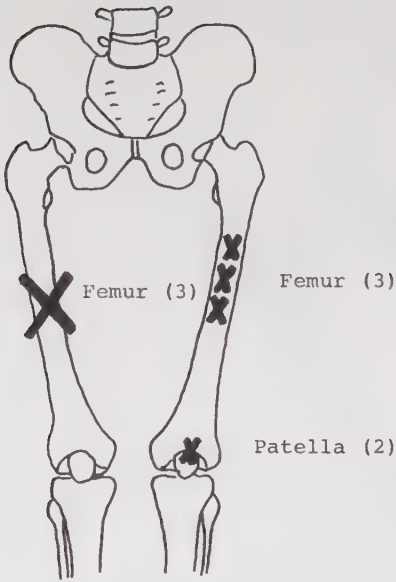


Abb. 33a

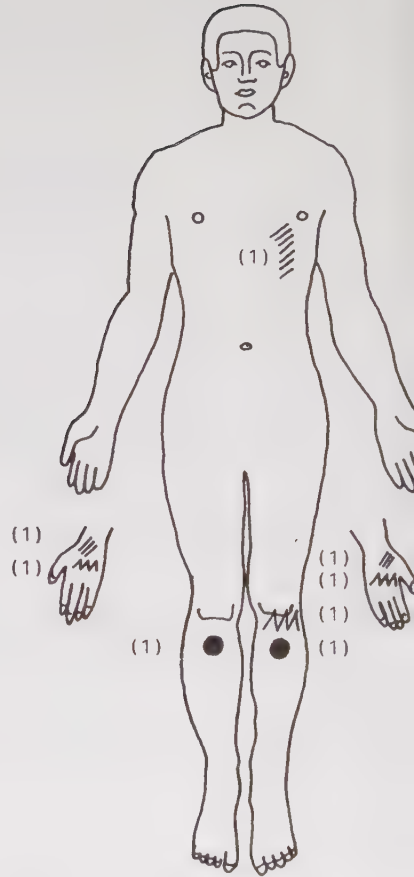


Abb. 33b

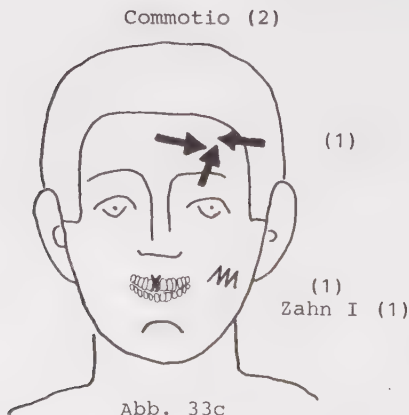


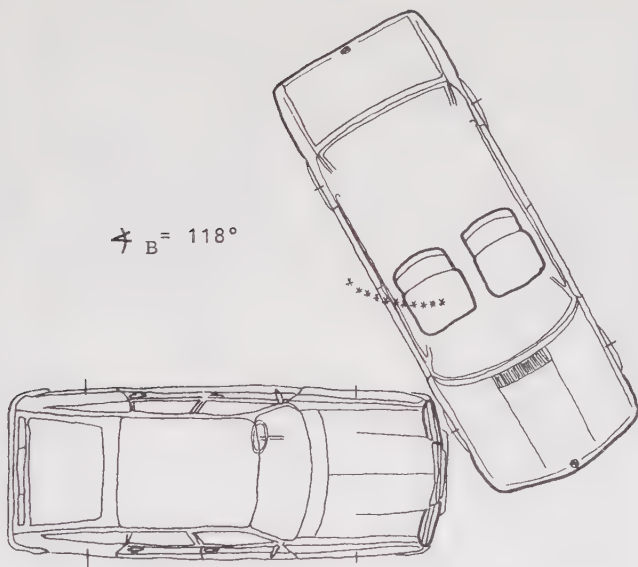
Abb. 33c



19 J.

181 cm 72 kg

F 14
MAIS 3

Fall 15: KreuzungsunfallKollisionsstellung: -62° Abb. 34Pkw 1 (Citroen GSX) $v_1 = 35-55 \text{ km/h}$ $m_1 = 1040 \text{ kg}$ Pkw 2 (BMW 525) $v_2 = 30 \text{ km/h}$ $m_2 = 1490 \text{ kg}$

retrograde Amnesie (2)

Comotio (2)

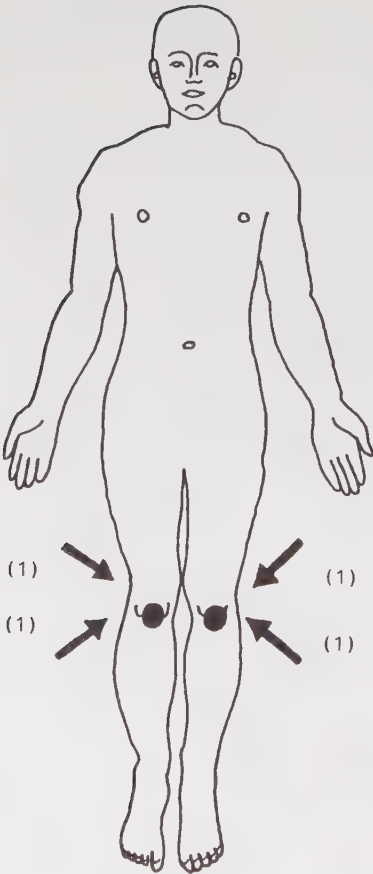


Abb. 35a

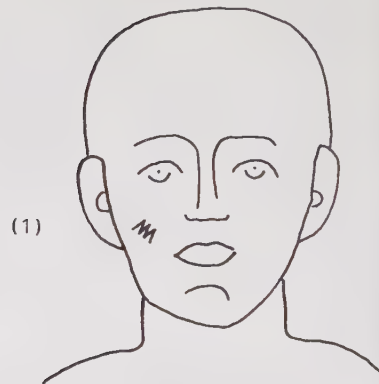
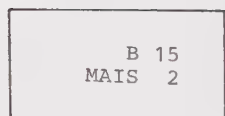
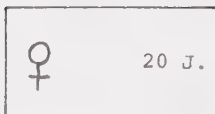
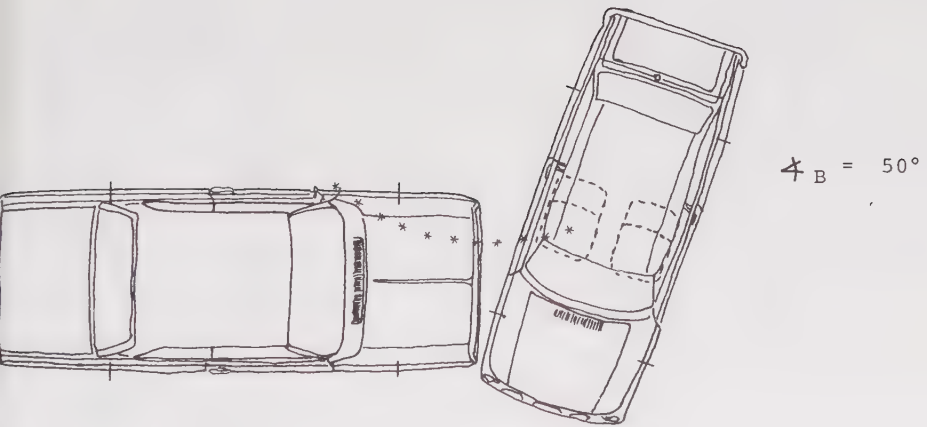
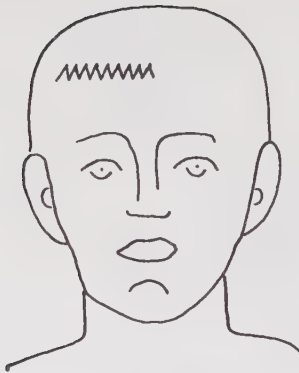


Abb. 35b



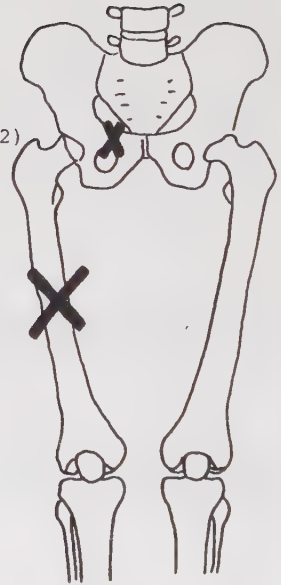
Fall 16: KreuzungsunfallKollisionsstellung: -108° Abb. 36Pkw 1 (Ford 20 m) $v_1 = 40-60 \text{ km/h}$ $m_1 = 1235 \text{ kg}$ Pkw 2 (Daf 55) $v_2 = 60 \text{ km/h}$ $m_2 = 1005 \text{ kg}$

(1)

Abb. 37a

Schambein (2)

Femur (3)

Abb. 37b

♀

19 J.

59 kg

B 16

MAIS 3

Fall 17: Pkw 1 kollidiert beim Abbiegen seitlich-frontal
mit Pkw 2.
Kollisionsstellung: 200°

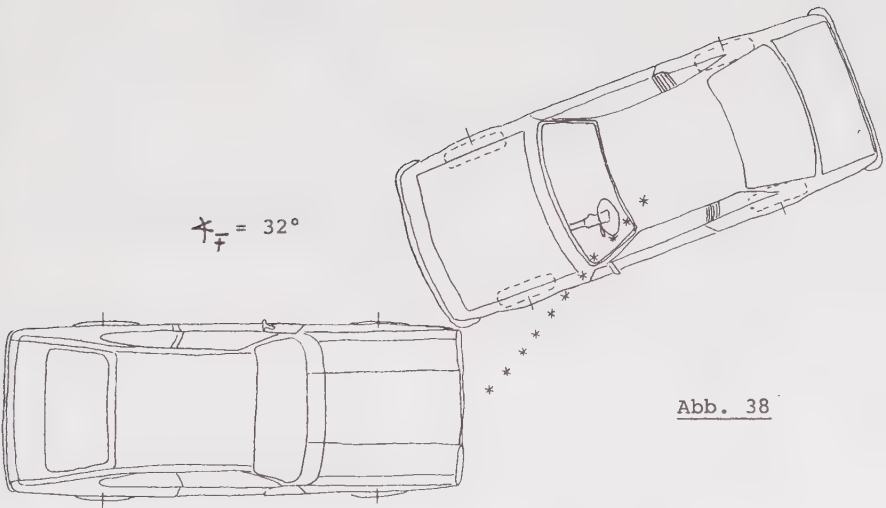


Abb. 38

Pkw 1 (Toyota)

$v_1 = 30-60 \text{ km/h}$

$m_1 = 1140 \text{ kg}$

Pkw 2 (Opel Manta)

$v_2 = 50 \text{ km/h}$

$m_2 = 1210 \text{ kg}$

(1)

Abb. 39

20 J.

F 17

MAIS 1

Fall 18: Gegenverkehrsunfall

Kraftrad 1 gerät in einer Rechtskurve
auf die Gegenfahrbahn und prallt dort
mit Pkw 2 zusammen.

Kollisionsstellung: 166°

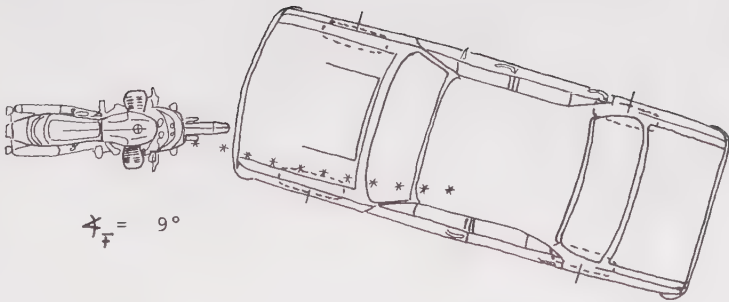


Abb. 40

Kraftrad 1 (Suzuki 550)

$v_1 = 70-90 \text{ km/h}$

$m_1 = 458 \text{ kg}$

Pkw 2 (Audi 100)

$v_2 = 60 \text{ km/h}$

$m_2 = 1120 \text{ kg}$

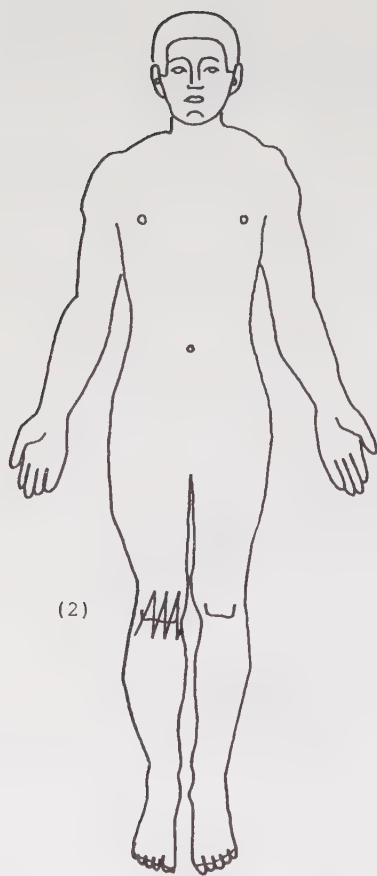
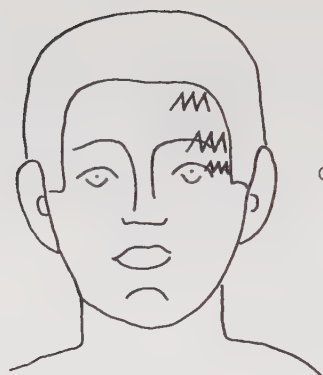


Abb. 41a



(1)

(1)

Oberlid (1)

Abb. 41b

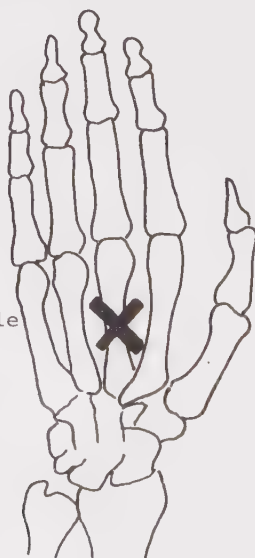
Os metacarpale
(2)

Abb. 41c

♂	40 J.
184 cm	81 kg

F 18
MAIS 2

Fall 19: Gegenverkehrsunfall

Pkw 2 gerät auf die linke Fahrbahnseite
und kollidiert mit Pkw 1.

Kollisionsstellung: 164°

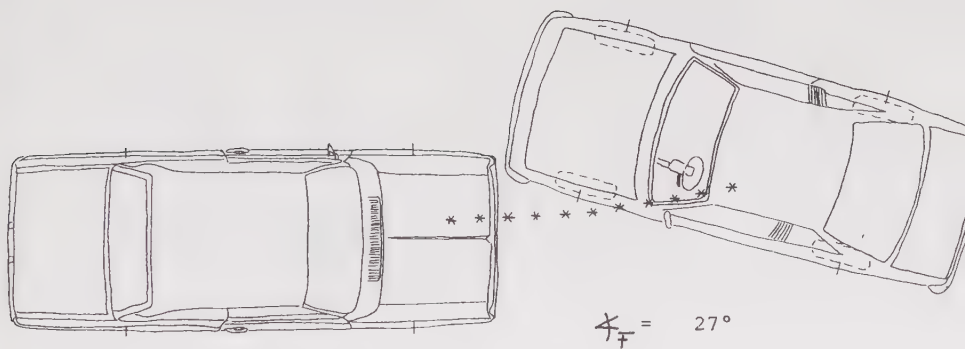


Abb. 42

Pkw 1 (Ford Taunus)

$v_1 = 40-60 \text{ km/h}$

$m_1 = 1085 \text{ kg}$

Pkw 2 (Opel Manta)

$v_2 = 50 \text{ km/h}$

$m_2 = 1210 \text{ kg}$

Bewußtlosigkeit (2)

(ca. 5 Min.)

Amnesie (2)

Commotio (2)

Unterlippe (2)

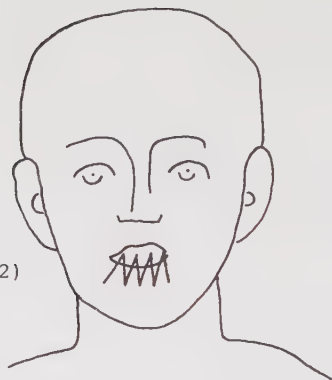


Abb. 43

♀

19 J.

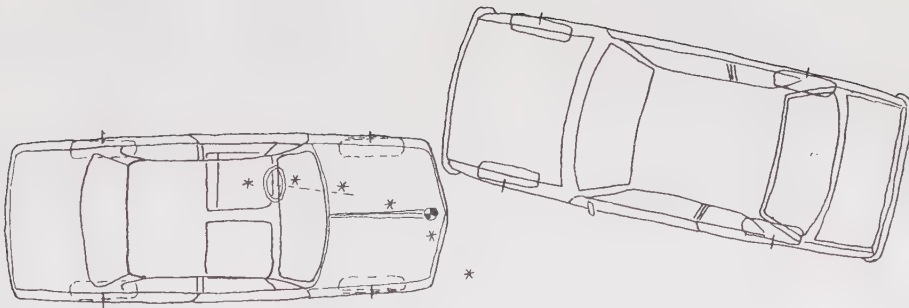
F 19

MAIS 2

Fall 20: Gegenverkehrsunfall

Pkw 1 gerät beim Überholen auf die Gegenfahrbahn
und kollidiert mit Pkw 2.

Kollisionsstellung: 167°



$$\alpha_f = 4^\circ$$

Abb. 44

Pkw 1 (BMW 1802)

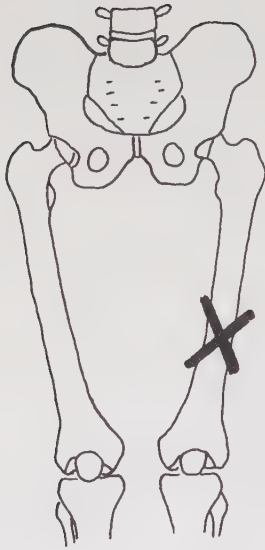
$v_1 = 60-80 \text{ km/h}$

$m_1 = 1010 \text{ kg}$

Pkw 2 (Opel Ascona)

$v_2 = 80 \text{ km/h}$

$m_2 = 1010 \text{ kg}$



Femur (3)

Abb. 45a

6.-9.Rippe (2)

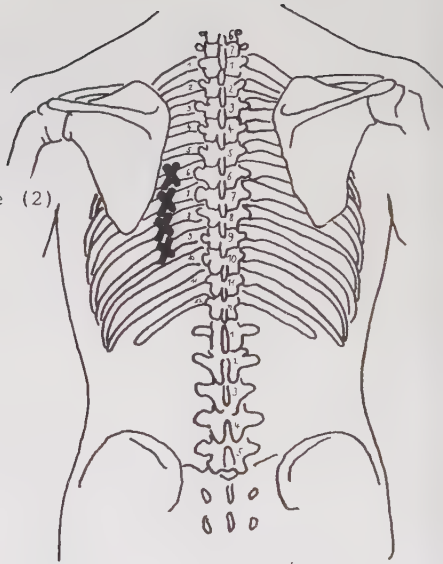


Abb. 45b

Annesie (2)

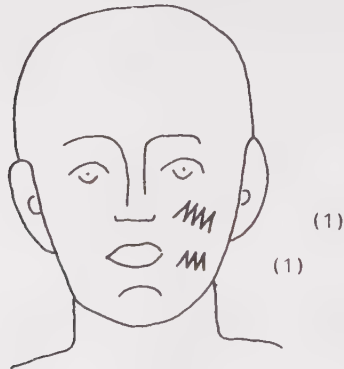


Abb. 45c



Contusio (3)

Ulna (2)

Radius (2)

Abb. 45 d

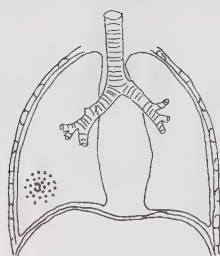


Abb. 45e

♀

27 J.

F 20
MAIS 3

Fall 21: Gegenverkehrsunfall

Pkw 1 kommt auf eisglatter Fahrbahn ins Schleudern und prallt gegen den entgegenkommenden Pkw 2.

Kollisionsstellung: 164°

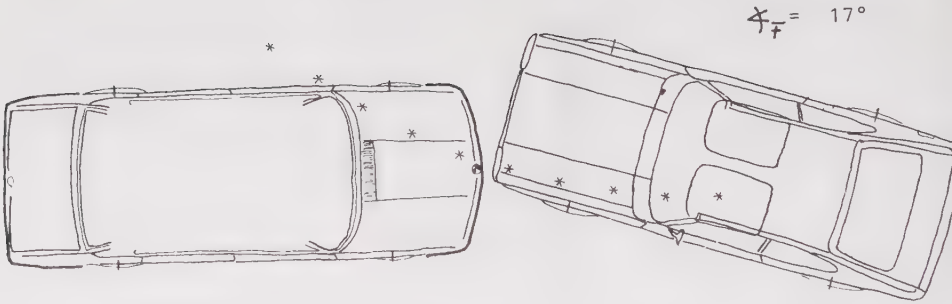


Abb. 46

Pkw 1 (BMW 520)

$v_1 = 60-80 \text{ km/h}$

$m_1 = 1440 \text{ kg}$

Pkw 2 (Ford Capri)

$v_2 = 80 \text{ km/h}$

$m_2 = 1115 \text{ kg}$

Contusio cerebri (3)

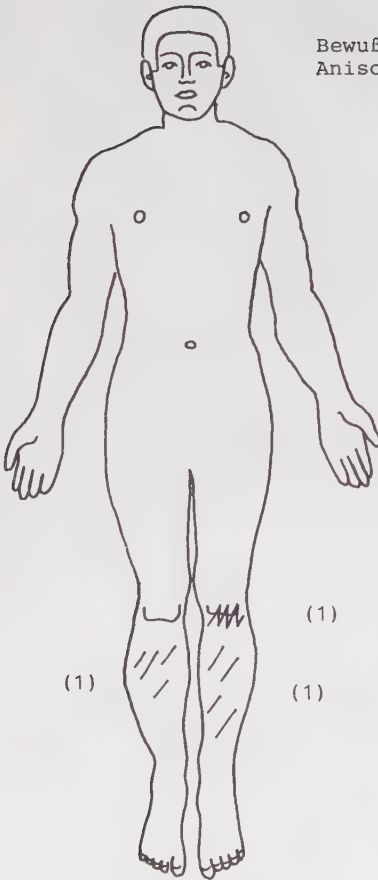
Bewußtlosigkeit,
Anisokorie (3)

Abb. 47a

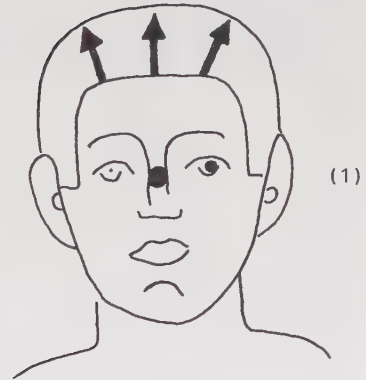
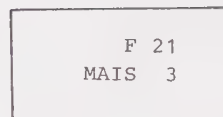
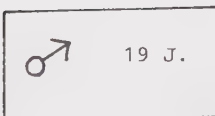


Abb. 47b



Fall 22: Gegenverkehrsunfall

Pkw 1 gerät auf die Gegenfahrbahn und
prallt gegen Pkw 2.

Kollisionsstellung: 159°

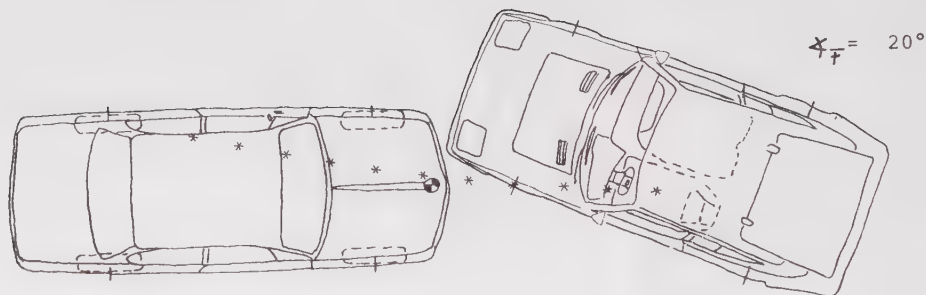


Abb. 48

Pkw 1 (BMW 1802)

$v_1 = 60-80 \text{ km/h}$

$m_1 = 1010 \text{ kg}$

Pkw 2 (Simca 1000)

$v_2 = 70 \text{ km/h}$

$m_2 = 790 \text{ kg}$

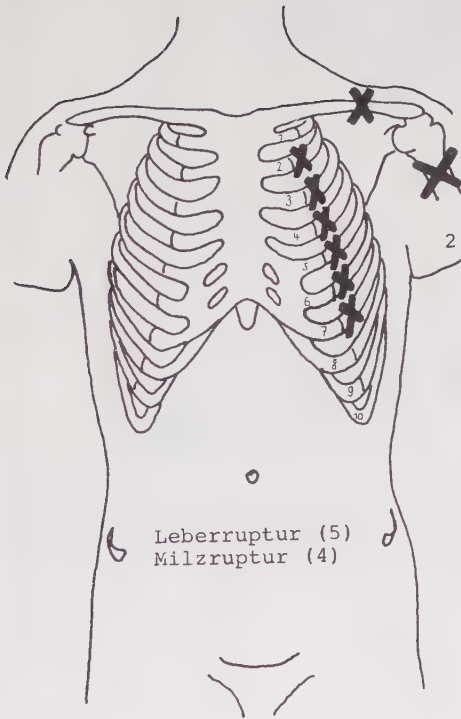


Abb. 49a

Klavikula (2)
Becken (3)
Humerus (2)
2.-7. Rippe (2)

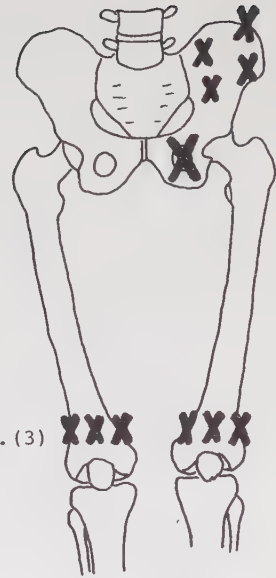


Abb. 49b

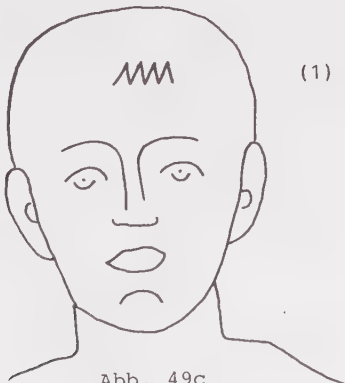


Abb. 49c

♀

28 J.



F 22
MAIS 5

Fall 23: Gegenverkehrsunfall

Pkw 1 kommt von der Fahrbahn nach links ab
und prallt gegen Pkw 2.

Kollisionsstellung: 162°

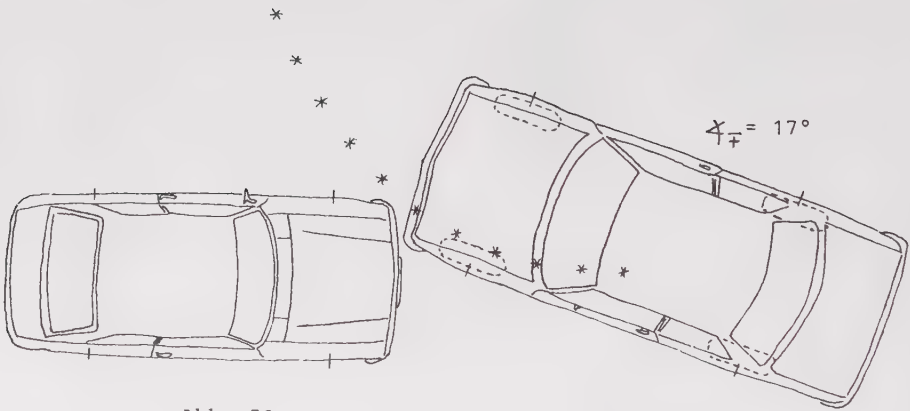


Abb. 50

Pkw 1 (Peugeot 304)

$v_1 = 70-90 \text{ km/h}$

$m_1 = 985 \text{ kg}$

Pkw 2 (Opel Rekord)

$v_2 = 80 \text{ km/h}$

$m_2 = 1210 \text{ kg}$



23 J.

161 cm 60 kg

F 23
AIS 9

Fall 24: Alleinunfall

Pkw 1 kommt nach rechts von der Fahrbahn ab
und prallt gegen einen Baum.

Kollisionsstellung: -43°

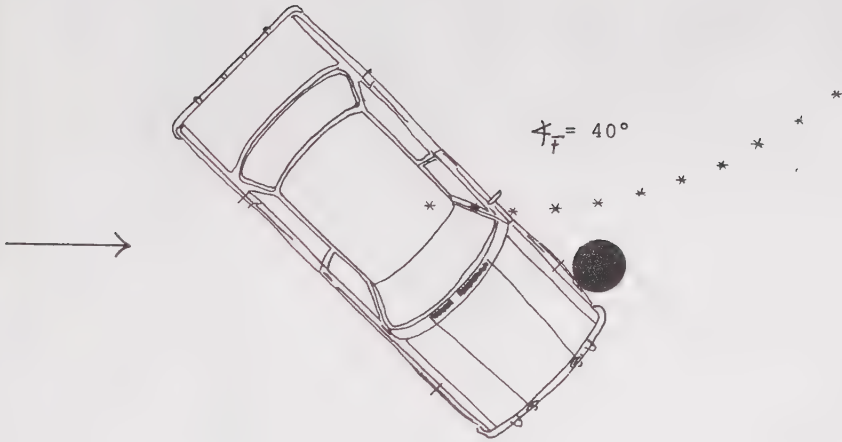


Abb. 51

Pkw 1 (Ford Taunus)

$v_1 = 40-60 \text{ km/h}$

$m_1 = 1130 \text{ kg}$



Abb. 52a

Basis der Metatarsalia 2-5 (2)
 Köpfchen der Metatarsalia 3-5 (2)
 Luxation im 2. Metatarsophalangealgelenk (1)

Abb. 52b

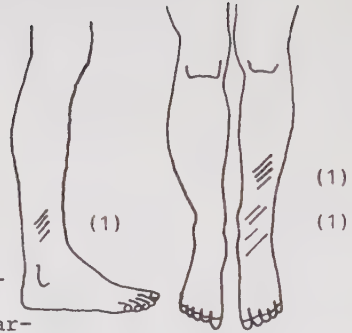


Abb. 52c

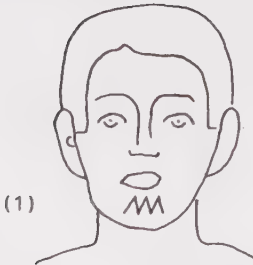


Abb. 52d

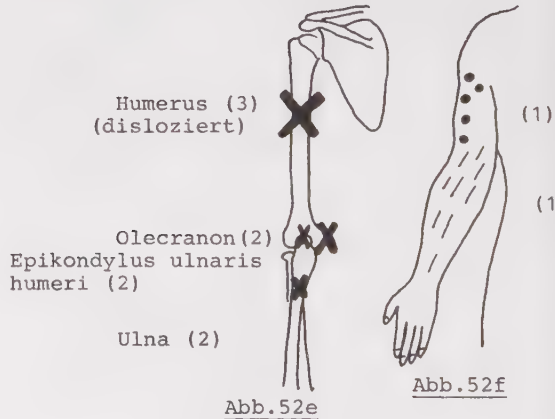
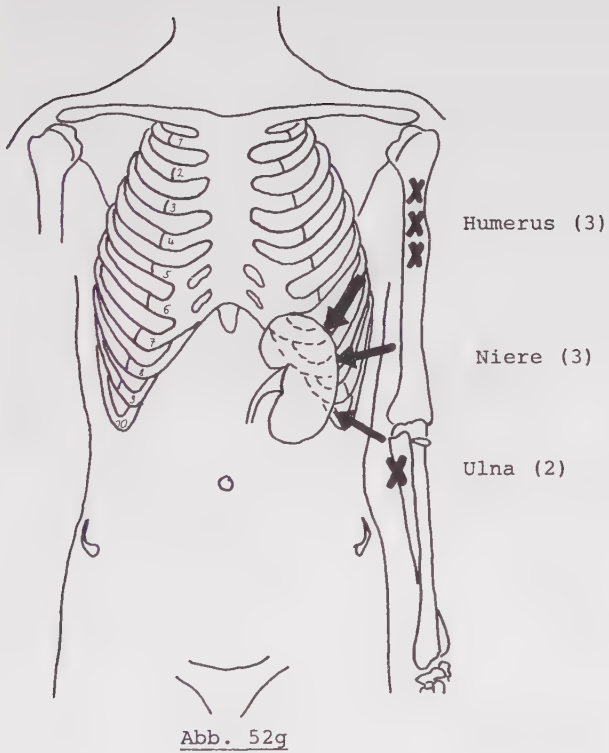


Abb. 52e

Abb. 52f

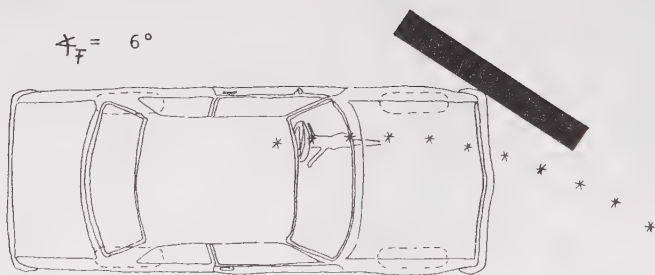


28 J.
170 cm 75 kg

F 24
MAIS 3

Fall 25: Alleinunfall

Pkw 1 kommt nach rechts von der Fahrbahn ab
und prallt gegen die Wand einer Autobahnbrücke.
Kollisionsstellung: 0°

Abb. 53

Pkw 1 (Opel Rekord)

$v_1 = 50-70 \text{ km/h}$

$m_1 = 1155 \text{ kg}$

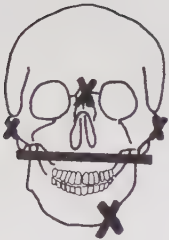


Abb. 54a

Nasenbein, Siebbein (2)
 Jochbein bds. (2)
 Mittelgesichtsfraktur
 Le Fort III (4)
 Zahn I-IV (1)
 Unterkiefer (1)

antero- und retrograde Amnesie (2)

Commotio (2)

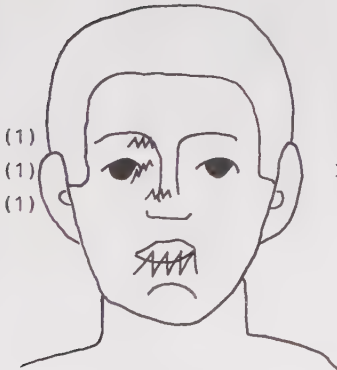


Abb. 54b

Brillenhämatom (2)

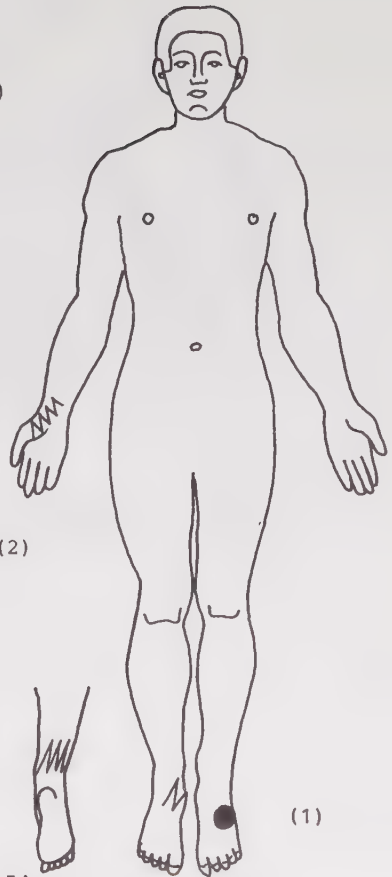
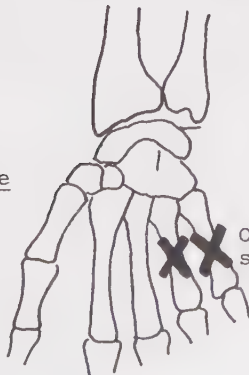


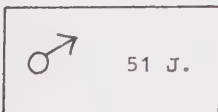
Abb. 54c

Abb. 54d

Abb. 54e



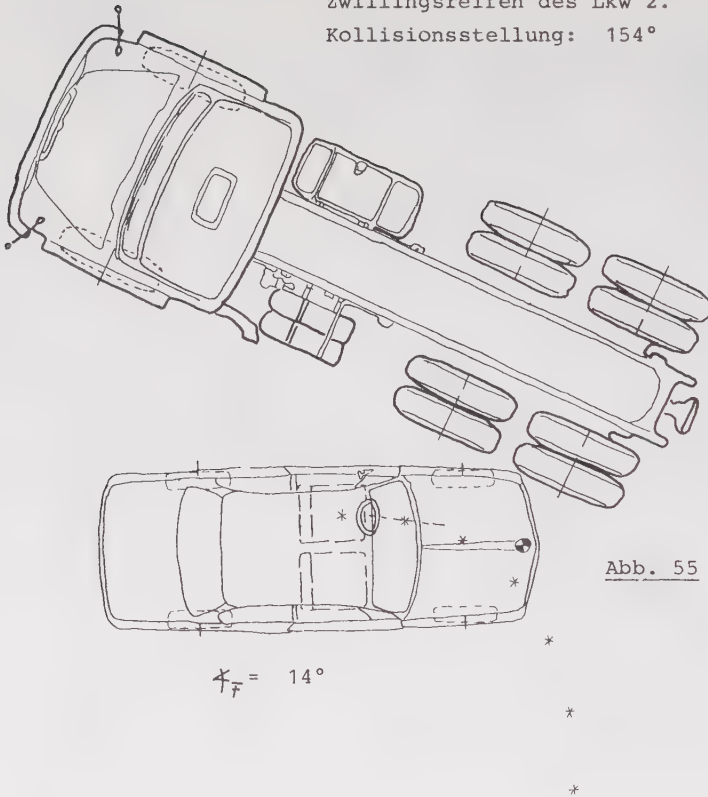
Os metatarsale IV u.
 V (2)



Fall 26: Gegenverkehrsunfall

Pkw 1 fährt gegen den linken hinteren
Zwillingsreifen des Lkw 2.

Kollisionsstellung: 154°



Pkw 1 (BMW 1502)

$v_1 = 60-80 \text{ km/h}$

$m_1 = 1080 \text{ kg}$

Lkw 2 (Mercedes)

$v_2 = 60 \text{ km/h}$

$m_2 = 7760 \text{ kg}$

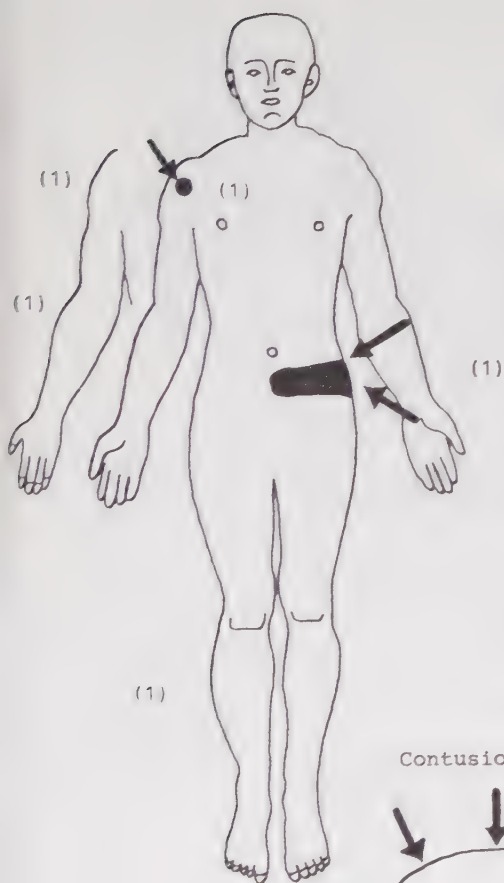


Abb. 56a

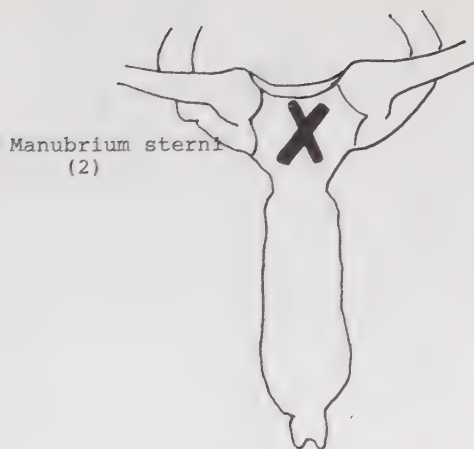


Abb. 56b

Contusio capitis (1)

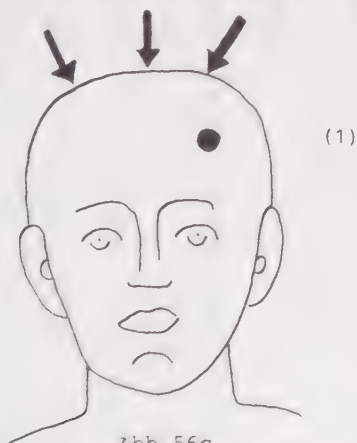
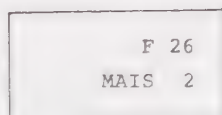
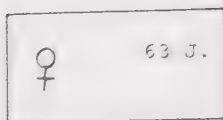


Abb. 56c



Fall 27: Gegenverkehrsunfall

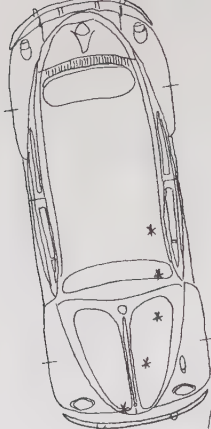
Pkw 2 schleudert auf die Gegenfahrbahn und kollidiert mit Omnibus 1.
Kollisionsstellung: -174°

*

*

*

*



$$\alpha_{\frac{v}{f}} = 4^\circ$$

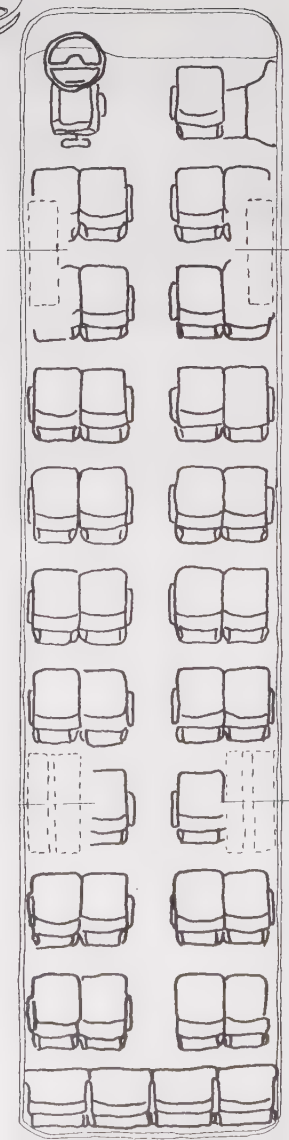


Abb. 57

Omnibus 1 (MAN)

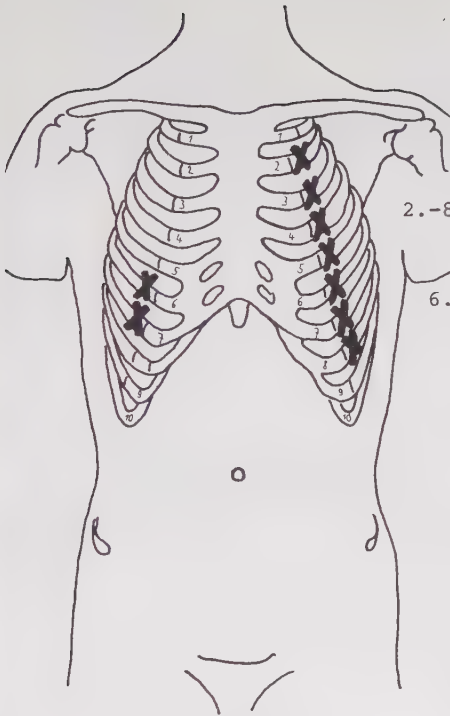
$v_1 = 20-40 \text{ km/h}$

$m_1 = 11000 \text{ kg}$

Pkw 2 (VW)

$v_2 = 50 \text{ km/h}$

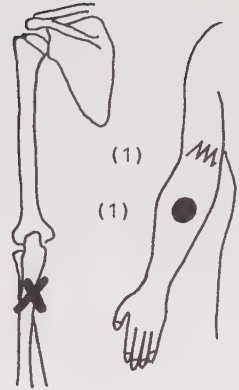
$m_2 = 890 \text{ kg}$



2.-8. Rippe (2)

6.-7. Rippe (2)

Abb. 58a



Ulna (2)

Abb. 58b

Abb. 58c

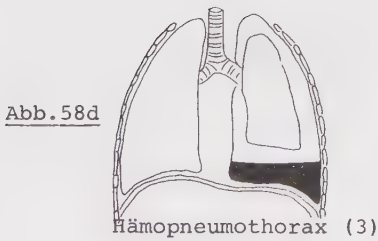
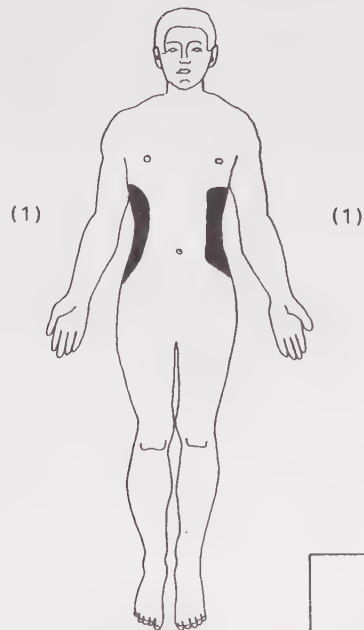


Abb. 58d

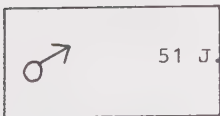
Hämopneumothorax (3)



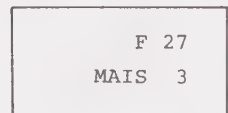
(1)

(1)

Abb. 58e



51 J.



F 27
MAIS 3

Fall 28: Gegenverkehrsunfall

Lkw 1 gerät auf die linke Fahrbahnseite
und prallt mit Pkw 2 zusammen.

Kollisionsstellung: 171°

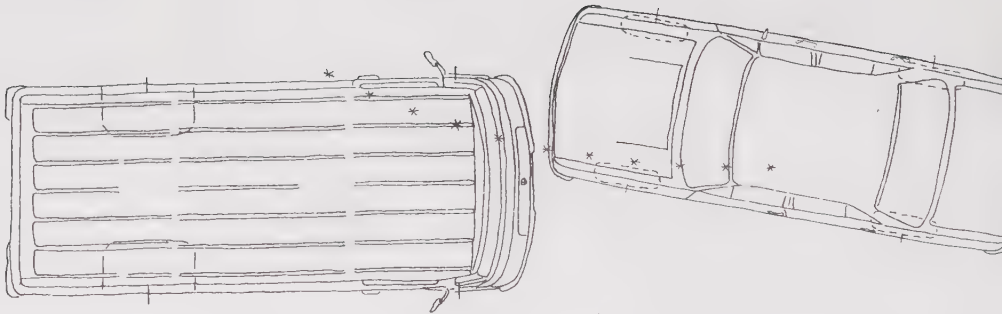


Abb. 59

$$\chi_F = 10^\circ$$

Lkw 1 (Mercedes)

$v_1 = 40-60 \text{ km/h}$

$m_1 = 2270 \text{ kg}$

Pkw 2 (Audi 100)

$v_2 = 60 \text{ km/h}$

$m_2 = 1120 \text{ kg}$

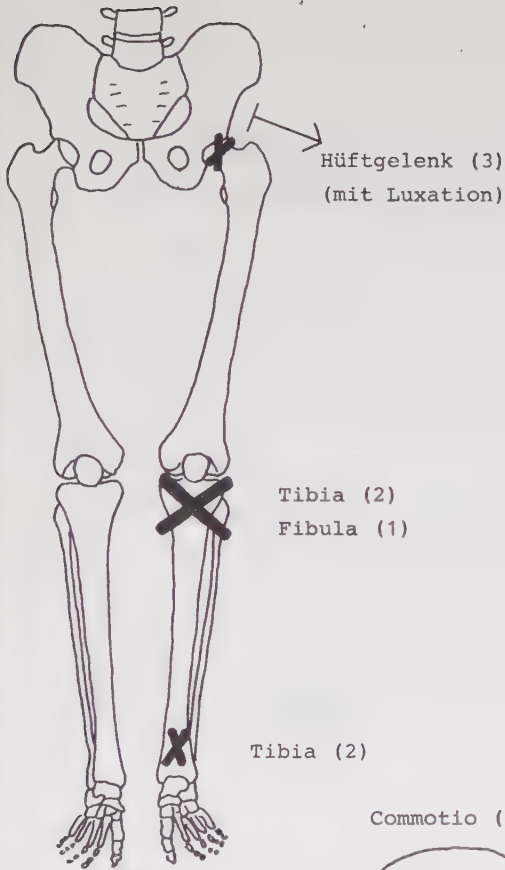
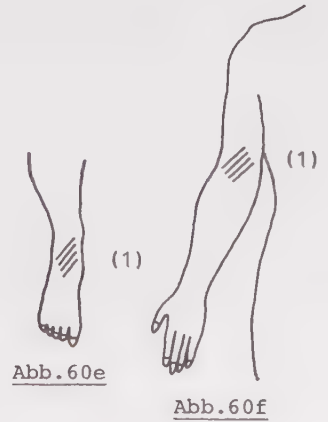
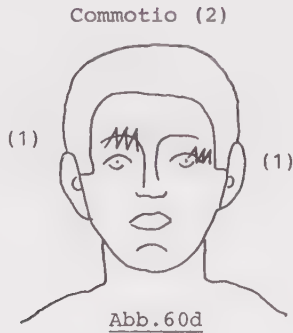
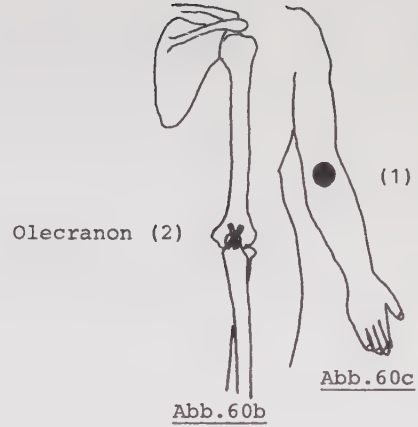


Abb. 60a



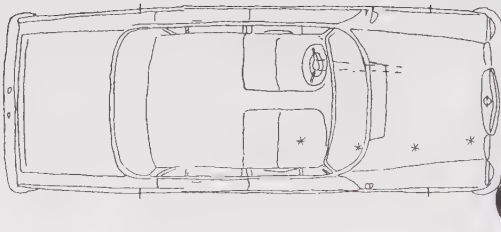
♂ 43 J.

F 28
MAIS 3

Fall 29: Alleinunfall

Pkw 1 kommt nach rechts von der Fahrbahn
ab und prallt gegen einen Baum.

Kollisionsstellung: 0°



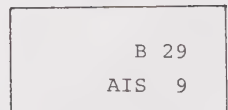
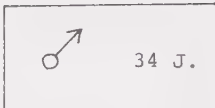
$$\varphi_B = 3^\circ$$

Abb. 61

Pkw 1 (Mercedes 200)

$v_1 = 80-100 \text{ km/h}$

$m_1 = 1515 \text{ kg}$



V. DISKUSSION

Die Darstellung der Ergebnisse unter IV. richtete sich nach der Einteilung von Danner (11) (vgl. S. 11). Darnach wurden 6 Stoßflächen unterschieden.

Maßgebend für die Verletzungen kollisionsnaher Gurtträger ist jedoch zum einen

- a) die Relativbewegung der Insassen sowie
- b) der Anstoß relativ zur Sitzposition (Lage der Intrusion).

Tabelle 1 zeigt das Verhältnis zwischen den Winkeln der Insassenrelativbewegung, der Sitzposition, dem MAIS, der Lage der Intrusion, dem Beschädigungsgrad (BG), der jeweiligen Stoßfläche und den Verletzungen. Gegebenenfalls sind auch Angaben über besondere Kollisionsumstände aufgeführt.

In den Abb. 62, 63 und 64 ist die Beziehung zwischen den Winkeln der Insassenrelativbewegung und den relativen Häufigkeiten jeweils für Stoßfläche II, seitlich-frontale Kollision und Stoßfläche I in Form eines Histogramms wiedergegeben.

Wie Tabelle 1 zeigt, entspricht das Verletzungsmuster bis zu einem Winkel der Insassenrelativbewegung von etwa 40° solchen Verletzungen, wie sie in der Regel bei Frontal/Kollisionen beobachtet werden, wobei eine zusätzliche Intrusion zu schweren bzw. tödlichen Verletzungen führen kann.

Für Winkel $> 40^\circ$ treten die für den direkten Anstoß bei Seitenkollisionen charakteristischen Verletzungen in den Vordergrund, sofern keine wesentliche Intrusion der Fahrgastzelle auftritt.

Es sind dies vor allem Verletzungen des Beckens und des Thorax, hier vor allem Rippenserienfrakturen. Bei Intrusion im Sitzbereich liegen die Verletzungen in aller Regel seiten-

Fall-Nr		Sitz- posi- tion	MAIS	Lage der Intrusion	Kollisionsumstände	BG	Stoß- flä- che
26	-14°	F	2	3	Kollision mit Lkw	4	SF
29	3°	B	+	1	Kollision mit Baum - Totalzerstörung des Kfz	5	SF
27	4°	F	3	1	Kollision mit Omnibus	4	SF
20	4°	F	3	2	sekundäre Intrusion durch eindringende Fahrzeugteile	5	SF
25	6°	F	4	2	sekundäre Intrusion durch eindringende Fahrzeugteile	4	SF
18	9°	F	2	3	Kollision mit Motorrad	4	SF
28	10°	F	3	2	Kollision mit Lkw	5	SF
21	17°	F	3	3		5	SF
23	17°	F	+	2	sekundäre Intrusion durch eindringende Fahrzeugteile	5	SF
22	20°	F	5	2	sekundäre Intrusion durch eindringende Fahrzeugteile	5	SF
19	27°	F	2	3		5	SF
17	32°	F	1	3		3	SF
3	33°	F	+	1	Totalzerstörung des Fahrzeugs	5	II
24	40°	F	3	2	Anprall an Baum - sekun- däre Intrusion	4	SF
14	48°	F	3	2	sekundäre Intrusion durch eindringende Fahrzeugteile	5	I

F = Fahrer

B = Beifahrer

1 = Intrusion in Höhe der Sitzposition des KN-Insassen

2 = Intrusion außerhalb der Sitzposition des KN-Insassen

3 = keine Intrusion

Verletzungen

Contusio capitis (1) Manubrium sterni (2) Hämatom linke Hüfte (1)
 Hämatom linke Stirn (1) Hämatom rechter Oberarm (1) Schürfwunde
 Schürfwunde linker Arm (1) re.Unterschenk.(1)

Verletzungen im einzelnen nicht bekannt.

Hätopneumothorax links (3) 6.-7.Rippe rechts (2) Hämatom an beiden Hüften (1)+(1)
 2.-8.Rippe links (2) Ulna links (2)
 Hämatom u.Schürfwunde linker Arm (1)+(1)

Amnesie(2) Lungenkontusion rechts(3) Ulna links(2) Femur li(3)
 Platzwunden linke Gesichtseite(1)+(1) 6.-9.Rippe links hinten(2)
 Radius links(2)

Amnesie(2) Brillenhämatom(2) Jochbein bds.(2) Multiple Rißplatzwunden im Gesicht(1)+(1)+(1)+Unterlippe (2)Commotio(2)Nasenbein,Siebbein(2) Unterkiefer(1)Le Fort III(4)Zahn I-IV(1) Obere Extr.(2)+(1),untere Extr.(2)+(1)

Rißwunden linke Gesichtseite (1)+(1) OS metacarpale links (2)
 und linkes Oberlid (1)
 Tiefe Rißwunde rechts Knie (2)

Commotio(2) Olecranon rechts(2),Schürfwunde linker Arm(1)
 Rißquetschwunden im Gesicht(1)+(1) Hämatom rechter Ellbogen(1)
 Hüftgelenk links(3),Schürfwunde rechter Fuß(1) Tibia,Fibula links(2)+(2)+(1)

Contusio cerebri(3) Hämatom Nasenrücken(1) Platzwunde linkes Knie(1)
 Anisokorie links(3) Schürfwunden an beiden Unterschenkeln(1)+(1)

Verletzungen im einzelnen nicht bekannt.

Rißwunde Stirn(1) 2.-7.Rippe links(2) Leberruptur (5) Milzruptur (4)
 Becken links(3) Klavikula links(2) Humerus links(2) Femur bds.(3)+(3)

Amnesie(2) Bewußtlosigkeit (ca. 5 Min.)(2) Rißwunde Unterlippe(2)
 Commotio (2)

Hämatombeule occipital(1)

Verletzungen im einzelnen nicht bekannt.

Platzwunde Kinn(1) Niere links(3) Humerus links(3), Epikondylus uln.humeri(2)
 Metatarsalia links(2)+(2)+(1)+(1)+(1)+(1), Olecranon links (2) + Ulna links(2)+(1)+(1)
 Sprunggelenk rechts (2)

Commotio(2), Zahn I(1) Schürfwunden linke Thoraxseite(1) Schürf- und Rißwunden an beiden Händen (1)+(1)+(1)+(1), Femur bds.(3)+(3), Patella links(2)+(1)+(1),
 Prellung Stirn links(1), Platzwunde Gesicht links (1)

SF = Seitlich-frontaler Anstoß

I = Stoßfläche I

II = Stoßfläche II

Tabelle 1

Fall-Nr.		Sitz- posi- tion	MAIS	Lage der Intrusion	Kollisionsumstände	BG	Stoß- flä- che
16	50°	B	3	2	sekundäre Intrusion durch eindringende Fahrzeugteile	5	I
1	57°	F	2	1		3	II
11	57°	F	2	3		3	I
2	59°	F	3	1		3	II
13	62°	F	2	3		4	I
8	66°	B	+	1		3	II
10	77°	B	+	1	Anprall an Baum	4	II
5	79°	F	3	1	Anprall an Baum	3	II
7	86°	B	4	2		5	II
9	86°	B	1	2	Anprall gegen Brücken- geländer	3	II
12	109°	F	2	3	Kollision mit Motorrad	1	I
15	118°	B	2	3		2	I
6	171°	B	3	1		3	II
* 4	9°	F	2	2	Anprall an Baum - Total- zerstörung des Kfz.	5	II

*) = wird gesondert diskutiert

F = Fahrer

B = Beifahrer

1 = Intrusion in Höhe der Sitzposition des KN-Insassen

2 = Intrusion außerhalb der Sitzposition des KN-Insassen

3 = keine Intrusion

Verletzungen

Rißwunde Stirn rechts (1) Femur rechts (3), Schambein rechts (2)

Commotio (2) 3.-8.Rippe links (2) Hämatom Hüfte links (1)
 Amnesie (2) Sitz- u. Schambein links(2) Klavikula links (2)
 Schürfwunde linker Arm (1)

Commotio (2) Platzwunde parieto-occipital links (1)

Pneumothorax rechts(3) ausgedehntes Hämatom rechte Thoraxseite (1)
 4.-10.Rippe rechts (2) Prellmarke linke Thoraxseite (1) Scrotalempysem(3)
 Schambein bds. (2)

Amnesie(2) Schnittwunde linke Stirn (1) Patella rechts(2) + Hämatom
 rechtes Knie (1) Rißwunde linker Unterschenkel(1) Commotio(2) linkes
 Ober- u. Unterlid (1)+(1) Os metacarpale II + IV(2) links

Verletzungen im einzelnen nicht bekannt.

Direkter Kopfanprall an Baum, Verletzungen im einzelnen nicht bekannt.

Lungenkontusion links(3) Herzkontusion (3) Scapula links (2)
 Hämatom linkes Knie (1) 3.-9. Rippe links ventral(2) 2.-12. Rippe links
 dorsal (2)

Hämatothorax rechts (3) Milzruptur(4) Beckenprellung links(1) Schürf-
 wunde bd. Knie (1)+(1) + linker Fußrücken(1) 9.Rippe rechts(1)
 Skapula links(2) Querfortsatz LWK 3+4 rechts (3)

Distorsion HWS (1)

Hämatom linke Stirn bzw. Schläfe(1) Klavikula links(2),
 Prellung linke Schulter (1)

Amnesie (2) Rißwunde rechte Gesichtsseite(1) Prellungen u. Hämatome an
 bd. Knien (1)+(1)+(1)+(1) Commotio (2)

Schnittwunde Kinn(1) Sprunggelenk rechts(3) Tibia links (2)
 Hämatom linker Unterschenkel (1)

Amnesie(2) Rißwunde Oberlippe(2) Schürfwunden linke Gesichtsseite(1)
 Commotio (2) Hämatom linke Hüfte (1)

SF = Seitlich-frontaler Anstoß

I = Stoßfläche I

II = Stoßfläche II

Tabelle 1 (Fortsetzung)

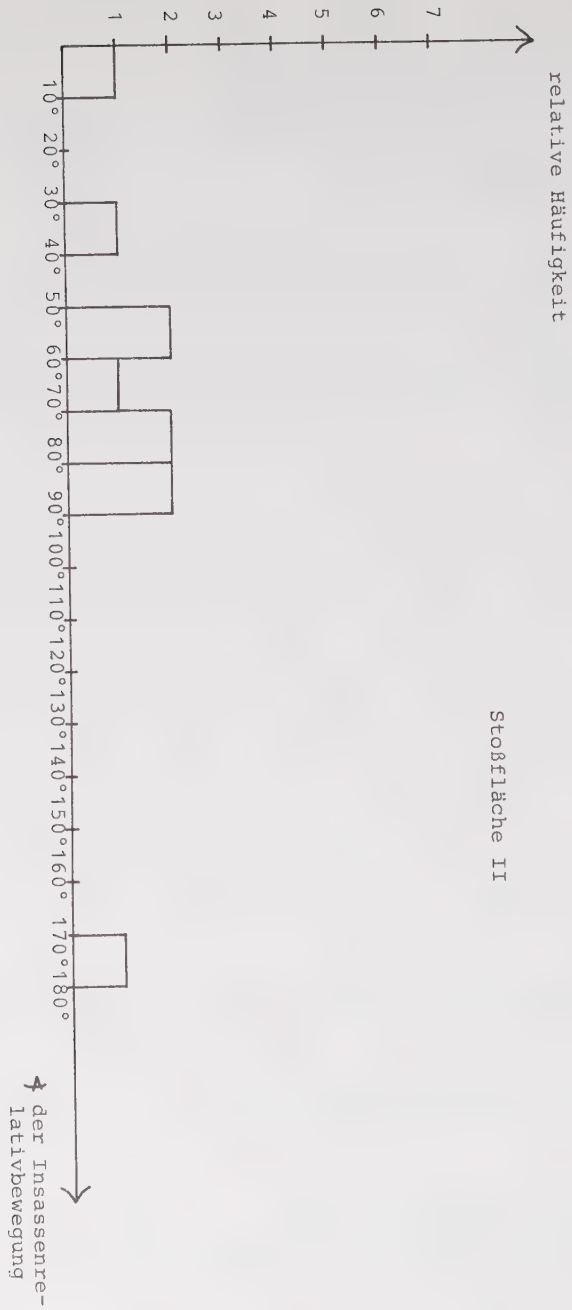


Abb. 62

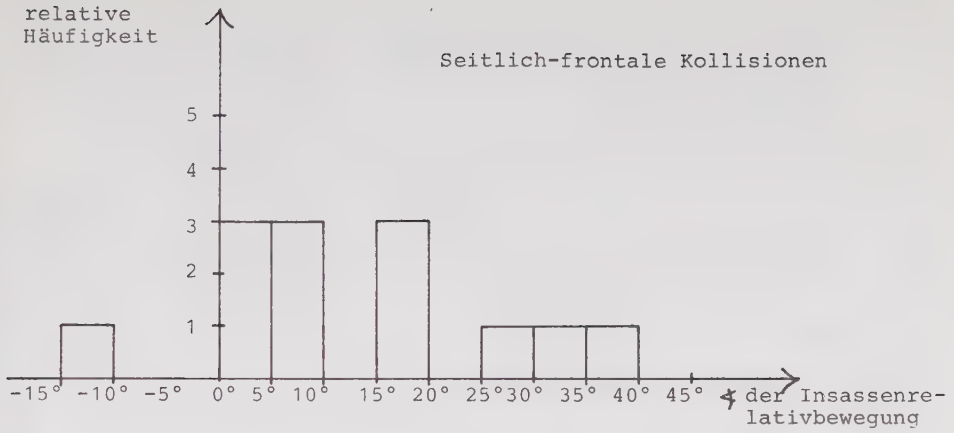


Abb. 63

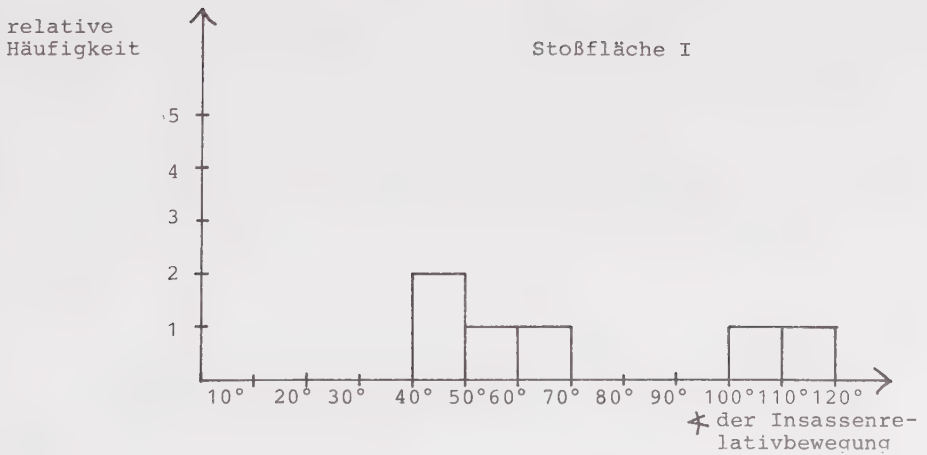


Abb. 64

richtig intrusionsbedingt. Auffällig ist, daß keine schwereren Kopfverletzungen (AIS $\leq$ 2) in dieser Fallgruppe festzustellen waren.

Bei indirektem Anstoß sind keine bestimmten Körperteile bevorzugt. Neben den bereits erwähnten Becken- und Rippenserienfrakturen treten auch z. T. schwere Verletzungen der oberen Extremitäten (Humerus), des Schultergürtels (Klavikula, Skapula) sowie der unteren Extremitäten (Femur, Patella) auf.

Tabellen 2 und 3 geben einen Überblick über die Verletzungen einzelner Körperregionen - aufgeschlüsselt nach dem entsprechenden AIS-Code - für Insassenrelativbewegungen $\leq 40^\circ$ und $> 40^\circ$.

Bei Winkeln der Insassenrelativbewegung $> 40^\circ$ waren Commotio cerebri und Amnesie als anatomisch nicht faßbare Läsionen die am höchsten zu bewertenden Kopfverletzungen (AIS = 2). Bemerkenswert ist ferner, daß Verletzungen der Wirbelsäule bei einer Relativbewegung $> 40^\circ$ selten auftraten (2 Fälle) trotz eingeschränkter Lateralflexion in der Frontalebene. Gerade aber solche Bewegungen treten bei Seitenkollisionen auf. Lag der Winkel der Insassenrelativbewegung unter 40° kam es zu keiner Verletzung der Wirbelsäule.

Im folgenden werden die der Arbeit zugrunde liegenden 29 Fälle in Anlehnung an Tabelle 1 nach aufsteigenden Winkeln der Insassenrelativbewegung kasuistisch dargestellt:

Fall 26: Bei einem Winkel der Relativbewegung von 14° nach rechts sprechen Gurtprellmarken und mäßige Thoraxverletzungen (MAIS $\leq$ 2) für einen Verletzungsmechanismus wie bei Frontalkollisionen angurteter Fahrer.

Fall-Nr	$\angle$	Kopf	Thorax	Abdomen	Becken	Obere Extremitäten	Untere Extremitäten
26	-14°	1+1	2	1		1+1	1
29 +	3°						
27	4°		3+2+2	1+1		2+1+1	
20	4°	2+1+1	3+2			2+2	3
25	6°	2+2+2+2+1+1+1+1+1+2+4				2+1	2+1
18	9°	1+1+1				2	2
28	10°	2+1+1				2+1+1	3+2+2+1+1
21	17°	3+3+1					1+1+1
23 +	17°						
22	20°	1	2	5+4	3	2+2	3+3
19	27°	2+2+2+2					
17	32°	1					
3 +	33°						
24	40°	1		3		3+2+2+2+1+1	2+2+1+1+1+1+2

Tabelle 2
Einzel-AIS verschiedener Körperteile
für $\angle$ der Insassenrelativbewegung $\leq 40^\circ$

Fall-Nr.		Kopf	Thorax	Abdomen	Becken	Obere Extremitäten	Untere Extremitäten	Wirbelsäule
14	48°	2+1+1+1	1			1+1+1+1	3+3+2+1+1	
15	50°	1			2	3		
1	57°	2+2	2	1	2	2+1		
11	57°	2+1						
2	59°		3+2+1+1	3	2			
13	62°	2+2+1+1+1				2	2+1+1	
8 +	66°							
10 +	77°							
5	79°		3+2+2+3			2	1	
7	86°		3+1	4	1	2	1+1+1	3
9	86°							1
12	109°	1				2+1		
15	118°	2+2+1					1+1+1+1	
6	171°	1					3+2+1	

- Fall 29: Die totale Zerstörung des Fahrzeugs mit Eindringen von Fahrzeugteilen erklärt die tödlichen Verletzungen des Beifahrers. Photo 1 zeigt deutlich die Markierung des Baumes am Dach über dem rechten Teil der Fahrgastzelle. Es ist bekannt, daß bei Frontalkollisionen mit schwerer Intrusion der Fahrgastzelle (BG = 5) tödliche Verletzungen auch mit Gurt nicht auszuschließen sind.
- Fall 27: Es finden sich gurtspezifische Verletzungen (6.-7. Rippe rechts, Hämatom rechte Thoraxseite) wie bei Relativbewegung vorwärts und Verletzungen infolge der seitlichen Intrusion (linke Thoraxseite, linke obere Extremität), wie sie in der Regel nur bei Unfällen mit Relativbewegung nach außen beobachtet werden (Photo 2).
- Fall 20: Bei einer Relativbewegung von ca. 4° trug der angegurtete Fahrer Verletzungen davon, wie sie bei Frontalkollisionen mit BG 4-5 zu erwarten sind. Eine spezifische Seitenbeziehung der Verletzungen ist nicht erkennbar.
- Fall 25: Die zahlreichen und erheblichen Gesichtsverletzungen sprechen für einen Kontakt mit dem Lenkrad oder der Windschutzscheibe bei erheblicher Stauchung der Fahrgastzelle. Eine spezifische Seitenbeziehung der Verletzungen lag nicht vor.
- Fall 18: Bei Kollision eines Audi 100 (Photo 3) mit einem Kraftrad Suzuki 550 mit einem vergleichsweise hohen BG und leichter Stauchung der Fahrgastzelle erlitt der angegurtete Fahrer keine schweren Verletzungen (volle Rückhaltewirkung des Sicherheitsgurtes). Es kam zum Kontakt des Kopfes mit dem Lenkrad (Rißplatzwunden Stirn und Oberlid linksseitig) bei ca. unter 9° nach links gerichteter Relativbewegung.

Fall 28: Die Verletzungen an der linken unteren Extremität sind weniger der etwas nach links gerichteten Relativbewegung (ca. 10°) als vielmehr dem direkten Kontakt der im Bereich des linken Beines eindringenden Fahrzeugteile zuzuschreiben (Photo 4). Die Reißquetschwunde im Gesicht resultiert vermutlich aus einem Lenkradkontakt.

Fall 21: Die neurologische Symptomatik sowie die Verletzung des Nasenbeins und der unteren Extremität sprechen für einen Anprall an der Lenksäule, wie häufig bei Frontalkollisionen angegurteter Fahrer zu beobachten ist. Allenfalls die linksgelegene Knieprellung bzw. Schürfwunde mag mit der nach links gerichteten Relativbewegung ($\sim 17^\circ$) in Verbindung stehen.

Fall 23: Die Relativbewegung war unter einem Winkel von etwa 17° auf die eindringenden Karosserieteile (Seitenwand, Tür, Türrahmen und Ausstellfenster gerichtet (Photo 5). Dies mag die im einzelnen nicht näher bekannten tödlichen Verletzungen erklären.

Fall 22: Sämtliche Verletzungen des Rumpfes sind seitlich intrusionsbedingt (Zertrümmerung des Beckens, Rippenserienfraktur, Frakturen der linken oberen und unteren Extremität). Ob der Gurt bei den Verletzungen innerer Organe beteiligt war, läßt sich nicht abklären (Photo 6). Auffällig ist, daß die angegurtete FahrerIn - abgesehen von einer Reißwunde an der Stirn - keinerlei Kopf- oder Gesichtsverletzungen davontrug.

- Fall 19: Trotz eines BG von 5 trug die angegurtete Fahrerin lediglich Verletzungen mit MAIS = 2 davon (Amnesie, Commotio, Rißwunde Unterlippe). Photo 7 zeigt einen typischen Gesichtsanprall (Unterlippe) am Lenkrad. Im übrigen kam die volle Rückhaltewirkung des Gurtcs bei einer Relativbewegung von ca. 27° nach außen zum Tragen.
- Fall 17: Bei einer Relativbewegung von ca. 32° nach außen entfaltete der Gurt volle Rückhaltewirkung. Die Fahrgastzelle blieb unversehrt, der angegurtete Fahrer erlitt lediglich eine Hämatombeule am Hinterkopf.
- Fall 3: Wie Photo 8 zeigt, kam es zur Totalzerstörung des Fahrzeugs, der Fahrer verstarb. Die einzelnen Verletzungen waren nicht bekannt.
- Fall 24: Die Verletzungen sind an den oberen und unteren Extremitäten konzentriert. Sie sind einer Intrusion durch eindringende Fahrzeugteile zuzuordnen (Photo 9) und mit Ausnahme der Sprunggelenkluxationsfraktur rechts alle seitenrichtig, wobei die Relativbewegung ca. 40° nach links gerichtet war.
- Fall 14: Das Eindringen von Fahrzeugteilen in die Kabine führte zu den Verletzungen an den unteren Extremitäten. Gesichts- und Kopfverletzungen der Fahrerin ergeben sich aus der sekundären Verformung der Fahrgastzelle durch das nach unten gedrückte Dach (Photo 10) bei einer Relativbewegung von ca. 48° nach links.
- Fall 16: Der Anprall bezog die Fahrzeugkabine in die Deformierung mit ein. Beweisend hierfür erscheinen die relativ schweren Verletzungen von resistenten Körperteilen (Femur). Eine Rißwunde an der Stirn ist

einem Aufprall am rechten Seitenfenster, welches total zerstört wurde (Photo 11) zuzuschreiben. Alle Verletzungen der Beifahrerin liegen - bei Relativbewegung unter ca. 50° nach rechts - auf der rechten Seite.

Fall 1: Sämtliche Verletzungen des Fahrers liegen bei einer Relativbewegung von ca. 57° nach links auf der linken, der Intrusion zugewandten Seite. Thorax- und Beckenfrakturen sind der eindringenden Seitenstruktur zuzuordnen (Photo 12). Am Kopf fanden sich lediglich mäßige neurologische Ausfälle (Commotio, retrograde Amnesie).

Fall 11: Bei gleicher Relativbewegung wie im vorhergehenden Fall waren weder Verletzungen des Rumpfes und der Extremitäten, noch eine Intrusion festzustellen. Die Kopfverletzungen (Commotio, Platzwunde parieto-occipital) sind auf einen Anprall am Holm des linken Ausstellfensters zurückzuführen, an dem sich entsprechende Spuren fanden (Photo 13).

Fall 2: Falls keine Seitenverwechslung der Thoraxverletzungen im Befundbericht vorliegt und auch eine Fahrer-Beifahrer-Kollision ausscheidet, kommen zwei Ursachen für die Rippenserienfraktur rechts in Frage: Zum einen ein Anprall des Fahrers gegen die Rückenlehne des Beifahrers (Photo 14a). Wahrscheinlich ist die Verletzung jedoch durch eine intrusionsbedingte Verlagerung der B-Säule nach hinten und in den Innenraum mit daraus resultierender Zug- und Druckbelastung durch den angespannten Gurt entstanden (Photo 14b) (vgl. Niederer et al. (29)).

- Fall 13: Am Fahrzeug fanden sich Blutspuren am Ausstellfenster. Hierzu passen die Schnittverletzungen an Stirn und Auge sowie die neurologischen Ausfälle, welche allesamt aus direktem Kopfanprall unter einem Winkel der Relativbewegung von ca. 62° nach links resultieren. Die Verletzungen der unteren Extremität rühren von einem direkten Anprall auf Lenksäule und Bedienungseinrichtungen her, da nicht genügend Raum für die Vorwärtsbewegung des Körperunterteils vorhanden war (VW, Photo 15).
- Fall 8: Obwohl nur ein mäßig schwerer Beschädigungsgrad des Fahrzeugs vorlag, erlitt die Beifahrerin tödliche Verletzungen. Eine Rolle dürfte dabei die Intrusion und das hohe Alter der Verunfallten gespielt haben.
- Fall 10: Bei einem Winkel der Relativbewegung von ca. 77° nach rechts erlitt die Beifahrerin durch direkten Anprall des Kopfes gegen einen Baum in Höhe des Holms der Windschutzscheibe tödliche Verletzungen (Photo 16).
- Fall 5: Sämtliche Verletzungen entstanden durch direkten Anprall gegen einen Baum (Photo 17) und sind intrusionsbedingt. Ein Hinweis hierfür sind insbesondere Scapula- und dorsale Rippenserienfraktur. Der Kopf blieb bei einer Relativbewegung von 79° nach links unverletzt.
- Fall 7: Die rechtsseitigen Thoraxverletzungen sind intrusionsbedingt (Photo 18). Bei einem Winkel der Relativbewegung von 80° - 90° dürften die Verletzungen an der Lendenwirbelsäule des Beifahrers ihre Ursache in der eingeschränkten Möglichkeit der

Wirbelsäule zur Lateralflexion haben. Maßgeblich für die Milzruptur war eine extreme Drehung aus dem Schultergurtteil mit tiefem Einschneiden des Gurtbandes in das Abdomen. Scapulafraktur und Beckenprellung links können einer Fahrer-Beifahrer-Kollision oder einem Anprall des Beifahrers an der Rückenlehne des Fahrersitzes zuzuordnen sein.

Fall 9: Bei einer Insassenrelativbewegung von fast 90° nach rechts ist die beobachtete Zerrung der Halswirbelsäule auf eine laterale Hyperflexion der Wirbelsäule zurückzuführen. Die Intrusion lag unmittelbar hinter der Sitzposition des Beifahrers (Photo 19), der ansonsten unverletzt blieb.

Fall 12: Unter einer Relativbewegung von ca. 109° nach links kam es zu einem Anprall von Kopf (Hämatom) und Schulter (Prellung) im Bereich des B-Holms bzw. der Seitenscheibe. Da keine Prellmarken im Gurtbandverlauf beobachtet wurden, ist ein gurtspezifischer Verletzungsmechanismus der Clavikula unwahrscheinlich. Ursache für die Fraktur dürfte vielmehr ein Schlag von links hinten gegen die Schulter gewesen sein. Photo 20 zeigt im Sitzbereich keine Intrusion.

Fall 15: Die Verletzungen an Kopf und Gesicht sprechen für eine Drehung des gesamten Körpers nach rechts mit Anprall an der inneren Seitenstruktur. Diese Feststellung wird durch die Kollisionsanalyse bestätigt ($\neq$ der Relativbewegung $\sim 118^\circ$). Durch Bewegung beider Knie nach oben mit Anprall - vermutlich - an der Unterkante des Armaturenbretts kam es zu Hämatomen und Prellungen beidseits.

Fall 6: Durch Relativbewegung nach hinten und rektanguläre Intrusion ergaben sich mäßige bis schwere Verletzungen an den unteren Extremitäten. Die Schnittwunde am Kinn dürfte auf einen Kopfanprall an der eindringenden Seitenscheibe zurückzuführen sein. Für die errechnete Relativbewegung von $\sim 171^\circ$ spricht auch das Fehlen von Thoraxverletzungen (Rippenserienfrakturen) trotz Intrusion in Höhe der Sitzposition (Photo 21).

Fall 4: Dieser Fall wird gesondert abgehandelt, da aufgrund der Totalzerstörung des Fahrzeugs eine Rekonstruktion der Anstoßgeometrie mit Rückrechnung der Relativbewegung nicht hinreichend genau möglich ist. Es ist anzunehmen, daß der Anprall gegen einen Baum - wie Photo 22 vermuten läßt - außerhalb der Sitzposition des Fahrers in Höhe der Hinterachse links erfolgte. Bemerkenswert sind die geringen Verletzungen ($AIS \leq 2$) im Hinblick auf den Beschädigungsgrad und den geringen Abstand der Intrusion von der Sitzposition des Fahrers. Aller Wahrscheinlichkeit nach dürfte sich die Relativbewegung ($\pm \sim 9^\circ$), wie dargestellt, abgespielt haben.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden Untersuchung war eine Analyse der bei Seitenkollisionen auftretenden Verletzungen kollisionsnaher gurtgeschützter Insassen. Der Bewegungsablauf der kollidierenden Fahrzeuge und die dadurch ausgelöste Insassenrelativbewegung wurden durch eine Kollisionsanalyse mit Hilfe eines Computers erfaßt und zu den Verletzungen in Beziehung gebracht. Die Anstoßgeometrie wurde an 29 ausgewählten Unfällen dargestellt und die daraus resultierenden Verletzungen unter Berücksichtigung des Winkels der Insassenrelativbewegung diskutiert. Maßgebend für Verletzungen kollisionsnaher Gurtträger bei Seitenkollisionen ist nämlich

- a) die Richtung der Relativbewegung der Insassen
- b) der Anstoß relativ zur Sitzposition, d. h. die Lage der Intrusion.

Hierbei ergab sich:

- 1) Bis zu einem Winkel der Insassenrelativbewegung von etwa 40° entspricht das bei den ausgewerteten Unfällen sich ergebende Verletzungsmuster solchen Verletzungen, wie sie in der Regel bei Frontalkollisionen mit Relativbewegung nach vorne auftreten. Schwere und schwerste Verletzungen wurden dann beobachtet, wenn durch primäre oder sekundäre Intrusion ein unmittelbarer Kontakt zwischen eindringenden Fahrzeugteilen und dem Insassen stattfand.
- 2) Dagegen treten bei einer Insassenrelativbewegung $> 40^\circ$ die für Seitenkollisionen charakteristischen Verletzungen in den Vordergrund. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Insassen - anders als bei Relativbewegung nach vorne - infolge des Aufpralls direkt oder schräg zur Seite fallen. Zu den hier auftretenden typischen Verletzungen zählen bei Intrusion im direkten Bereich des

kollisionsnahen Insassen vor allem Becken- und Rippen-serienfrakturen. Liegt die Intrusion nicht im direkten Bereich zeigt sich hinsichtlich der Verletzungen keine Bevorzugung bestimmter Körperteile. Neben den bereits erwähnten Verletzungen (Becken- und Rippenserienfrakturen) werden auch die oberen Extremitäten (Humerus), Schultergürtel (Klavikula, Skapula) sowie die unteren Extremitäten (Femur, Patella) z. T. schwer verletzt.

Auffallend ist, daß schwere Kopfverletzungen bei Winkeln der Insassenrelativbewegung $> 40^\circ$ nicht beobachtet wurden. Die am höchsten zu bewertenden Kopfverletzungen (AIS = 2) waren Commotio cerebri und Amnesie als anatomisch nicht faßbare Läsionen.

- 3) Bei Intrusion im Sitzbereich des kollisionsnahen Insassen liegen die Verletzungen in aller Regel seitlich intrusionsbedingt.
- 4) Verletzungen der Wirbelsäule bei einer Relativbewegung $> 40^\circ$ waren selten, obwohl die Möglichkeit zur Lateralflexion in der Frontalebene eingeschränkt ist und solche Bewegungen bei Seitenkollisionen auftreten. Bei Winkeln der Insassenrelativbewegung $< 40^\circ$ wurde die Wirbelsäule überhaupt nicht verletzt.

VII. ANHANG: FOTODOKUMENTATION

Die folgende Fotodokumentation zeigt anhand ausgewählter Fälle die Beschädigungen am seitlich getroffenen Pkw. Aus der Legende ergibt sich der Beschädigungsgrad (BG), welcher im Fall des Seitenanpralls wie folgt definiert ist (36):

- | | |
|-------------|---|
| 1 = leicht: | leichte Seitenbeschädigungen ohne Eindringung in die Fahrgastzelle |
| 2 = mäßig: | großflächige Seitenbeschädigung mit leichter Eindringung in die Fahrgastzelle |
| 3 = schwer: | schwere Seitenbeschädigung mit mäßiger Eindringung in die Fahrgastzelle |
| 4 = extrem: | extreme Seitenbeschädigung mit schwerer Eindringung in die Fahrgastzelle |
| 5 = total: | totale Verformung (Zerstörung) der Fahrgastzelle. |

Bei den Gurten handelt es sich jeweils um 3-Punkt-Automatikgurte, falls nichts anderes erwähnt ist.



Photo 1 (Fall 29) BG = 5 Dreipunktstatikgurte



Photo 2 (Fall 27) BG = 4



Photo 3 (Fall 18) BG = 4

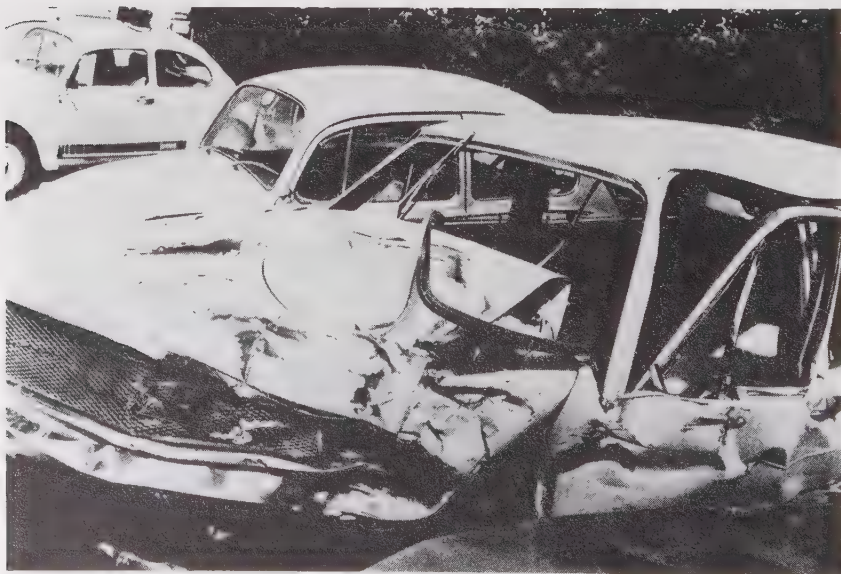


Photo 4 (Fall 28) BG = 5



Photo 5 (Fall 23) BG = 5



Photo 6 (Fall 22) BG = 5



Photo 7 (Fall 19) BG = 5 Dreipunktstatikgurte



Photo 8 (Fall 3) BG = 5



Photo 9 (Fall 24) BG = 4



Photo 10 (Fall 14)

BG = 5

Dreipunktstatikgurte



Photo 11 (Fall 16) BG = 5



Photo 12 (Fall 1) BG = 3



Photo 13 (Fall 11) BG = 5 Dreipunktstatikgurte



Photo 14a (Fall 2)



Photo 14b (Fall 2) BG = 3

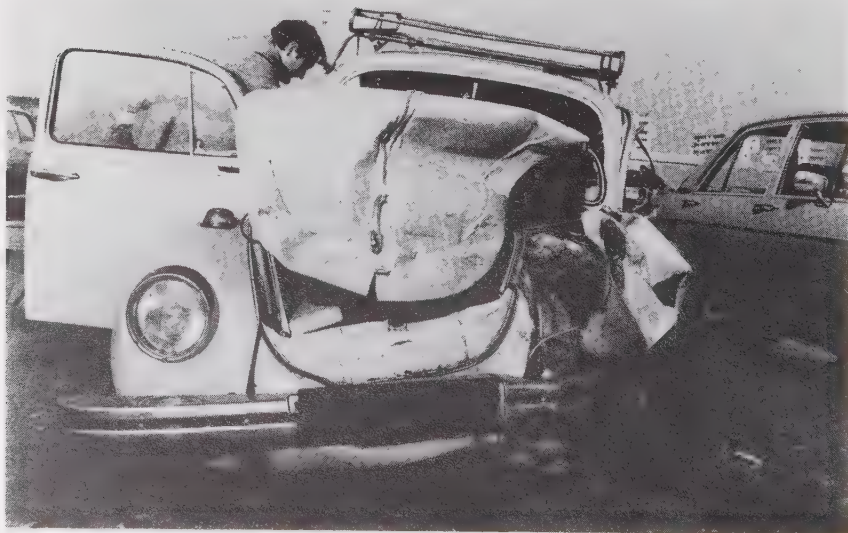


Photo 15 (Fall 13) BG = 4 Dreipunktstatikgurte

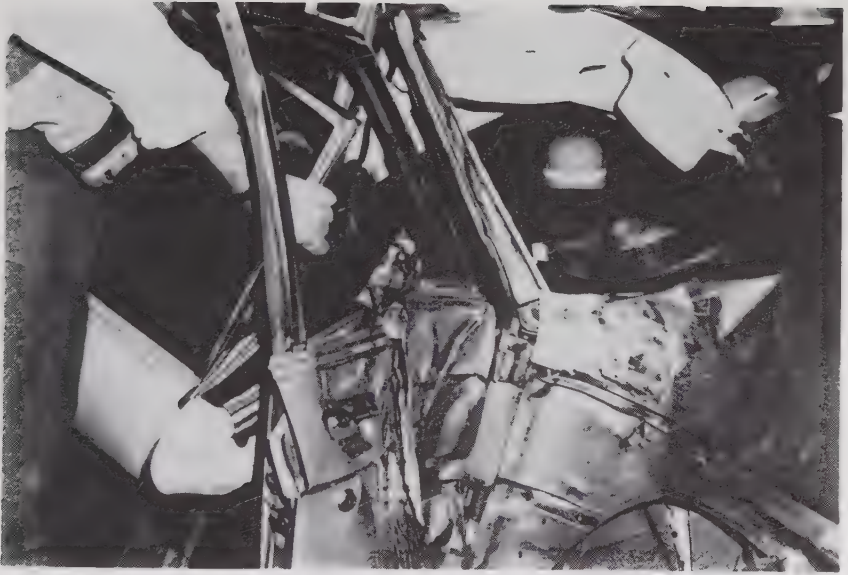


Photo 16 (Fall 10) BG = 4



Photo 17 (Fall 5) BG = 3

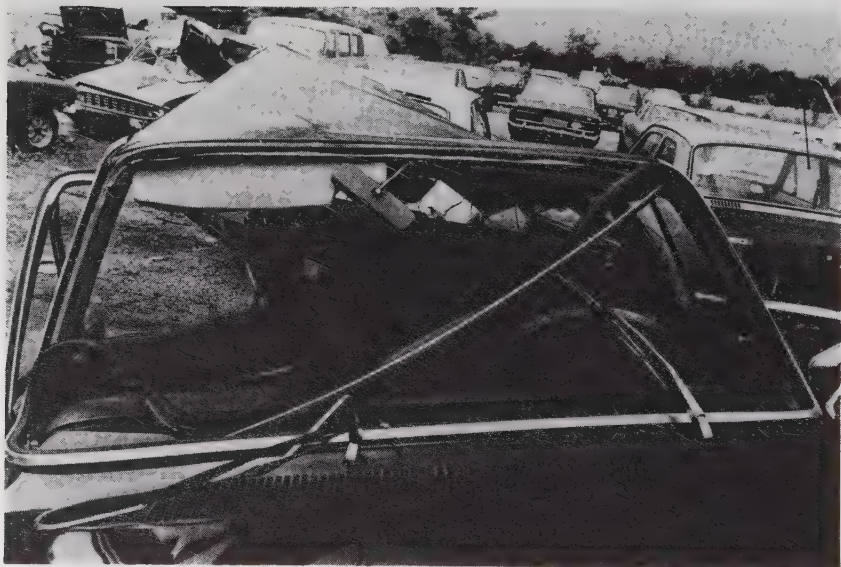


Photo 18 (Fall 7) BG = 5

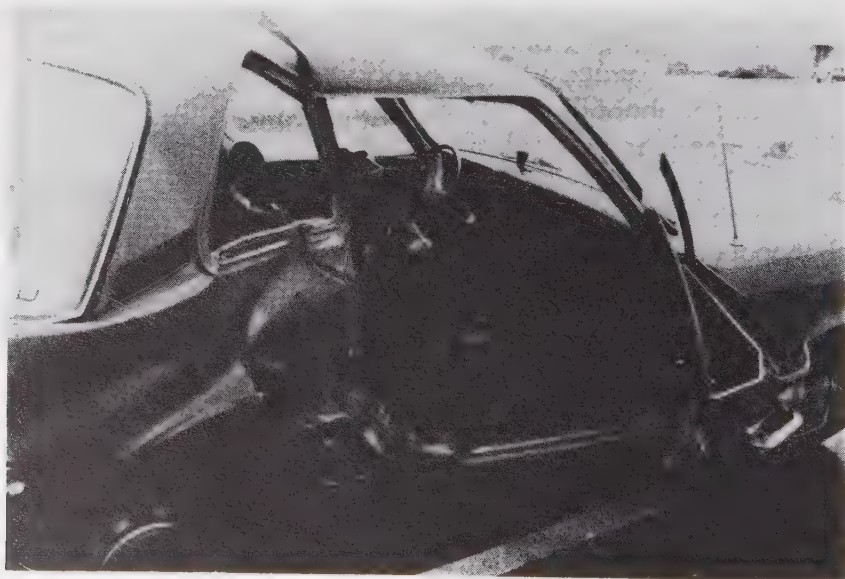


Photo 19 (Fall 9) BG = 3



Photo 20 (Fall 12) BG = 1

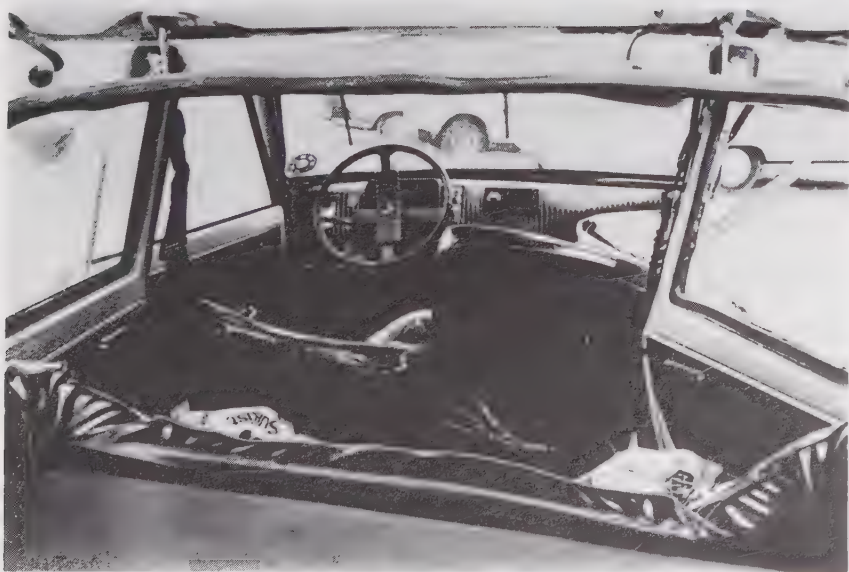


Photo 21 (Fall 6) BG = 3 Dreipunktstatikgurte



Photo 22 (Fall 4) BG = 5

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. Adomeit, D.,
Goegler, H.,
Vu Han, V. Expected Belt-Specific Injury
Patterns Dependent of the Angle
of Impact, IRCOBI Conference,
Berlin 1977
2. American Association The Abbreviated Injury Scale (AIS)
for Automotive 1980 Revision, Morton Grove, Il.
Medicine 1980, deutsche Übersetzung von
F. H. Walz, 1980
3. Appel, H., Accident Analysis of Vehicle Side
Hofmann, J. Collisions, IRCOBI Conference,
Berlin 1977
4. Behrens, S., Injury Patterns Caused by Seat Belts,
Suren, E. G., IRCOBI Conference, Berlin 1977
Gotzen, L.,
Stürtz, G.
5. Beier, G., Unfälle mit schwerverletzten und
Schuller, E., getöteten Gurtträgern. Unter-
Schwarz, H., suchung im Auftrag der Bundes-
Spann, W. anstalt für Straßenwesen, Köln.
Institut für Rechtsmedizin,
München 1979
6. Beier, G., Unfälle mit schwerverletzten und
Schuller, E., getöteten Gurtträgern - Schutz-
Schwarz, H., wirkung von Sicherheitsgurten
Spann, W. Bd. 1. Bericht zum Forschungs-
projekt 7722 der Bundesanstalt
für Straßenwesen Bereich Unfall-
forschung, Köln, Februar 1980
7. Beier, G., Risk and Effectiveness of Seat
Schuller, E., Belts in Munich Area Automobile
Spann, W. Accidents
25th Stapp Car Crash Conference
1981
8. Burg, H., Unfallversuche Pkw-Pkw-Kollisionen,
Lindemann, M. Grundlagenuntersuchung,
Verlag Information AMBS GmbH,
Keppenheim 1982
9. Cesari, D., Injury Mechanisms in Side Impacts
Ramet, M., 22nd Stapp Car Crash Conference,
Herry-Martin, D. 1978
10. Cesari, D., Influence of Arm Position on
Ramet, M., Thoracic Injuries in Side Impact,
Bloch, J. 25th Stapp Car Crash Conference,
1981

11. Danner, M. Accident and Injury Characteristics in Side-Collisions and Protection Criteria in Respect of Belted Occupance, 21st Stapp Car Crash Conference, 1977
12. Danner, M. Sicherheitsgurt und Mitverschulden, Sonderdruck aus Versicherungswirtschaft Nr. 11, Karlsruhe 1978
13. Danner, M. Der gegenwärtige Stand der Unfallforschung und die Auswirkung auf die Fahrzeugentwicklung, 14. Deutscher Verkehrsgerichtstag 1976, Deutsche Akademie für Verkehrswissenschaft, Goslar 1976
14. Danner, M.,
Langwieder, K.,
Wrobel, M. Considerations in Appraising the Driver-Vehicle Control Loop in a Study of Real-Life Accidents, 8th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles (ESV), Wolfsburg 1980
15. Danner, M.,
Langwieder, K.,
Schmelzing, W. Beschreibung des realen Unfallgeschehens durch Kenngrößen und Möglichkeiten zur Beurteilung kompatibler Maßnahmen, 7. Status-Seminar, Bad Dürkheim 1979
16. Danner, M.,
Langwieder, K.,
Schmelzing, W. Möglichkeiten und Probleme der Beurteilung der aktiven Fahrzeugsicherheit durch Auswertung des realen Unfallgeschehens, HUK-Verband, München 1981
17. Färber, E. Gegenseitige Beeinflussung von Fahrzeuginsassen in Aufprallversuchen, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 26. Jg., Heft 3, Frankfurt a. M. 1980
18. Foret-Bruno, J. Y.,
Hartemann, F.,
Thomas, C.,
Torrière, C.,
Loyat, B.,
Stcherbatcheff, G.,
Got, C.,
Patel, A. Occupant Velocity Change in Side Impact Method of Calculation-Application to a Sample of Real-World Crashes, 24th Stapp Car Crash Conference, 1980

19. Hartemann, F., Thomas, C., Foret-Bruno, J. Y., Fayon, A., Tarrière, C. Occupant Protection in Lateral Impacts, 20th Stapp Car Crash Conference, 1976
20. Hobbs, C. A. Car Occupant Injury Patterns and Mechanisms, 8th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles, Wolfsburg 1980
21. Lachmann, P. Car to Car Side Collision - a Comparison of Accident Analysis and Research Work, IRCOBI Conference, Berlin 1977
22. Langwieder, K. Load of Car Structure an Injuries of Occupants in Side Impact Car Collisions with Trucks and Objects, IRCOBI Conference, Berlin 1977
23. Langwieder, K. Einfluß der Konstruktion von Personenkraftwagen auf Verletzung der Insassen beim Verkehrsunfall, FISITA XIVth Congress, London 1972
24. Langwieder, K. Die Wirksamkeit des Sicherheitsgurtes bei schweren Kollisionen, Enka "Euro-Seatbelt '81", Wuppertal 1981
25. Langwieder, K. Unfallursachen bei Pkw/Lkw-Kollisionen und ihre Auswirkungen auf Insassenverletzungen, Fort- und Weiterbildungszentrum, Technische Akademie Esslingen 1978
26. Langwieder, K. Verletzungen von Pkw-Insassen und deren Bezug auf eine allgemeine Geschwindigkeitsskala, 17th Stapp Car Crash Conference, 1973
27. Langwieder, K. Das Kollisionsrisiko von Fahrzeugen unterschiedlicher Maße in realen Unfällen, VDJ-Tagung Fahrzeugtechnik, Düsseldorf 1974
28. Langwieder, K. Lkw-Kollisionen mit Personenkraftwagen und Ansatzpunkte zur Verbesserung des Partnerschutzes, HUK-Verband, München 1978

29. Niederer, P.,
Walz, F.,
Zollinger, U. "Adverse Effects of Seat Belts
and Causes of Belt Failures in
Severe Car Accidents in Switzer-
land during 1976." 21st Stapp
Car Crash Conference, Warrendale,
Society of Automotive Engineers,
1977, p. 53
30. Nielsen, H. V.,
Weeth, R.,
Eriksen, E. Lesions in Belted Car Riders from
Oblique and Lateral Impacts,
IRCOBI Conference, Berlin 1977
31. Piegsa, D. Verletzungen gurtgeschützter
Insassen bei schweren Pkw-
Unfällen, Diss., München 1978
32. Rüter, G. Schutzwirkung von Sicherheitsgurten
Band 2 - Literaturanalyse - Be-
richt zum Forschungsprojekt 7725
im Auftrag der Bundesanstalt für
Straßenwesen Bereich Unfall-
forschung, Köln 1978
33. Schober, M. Verletzungen kollisionsferner
Gurtträger beim Seitenaufprall,
Diss., München (in Vorbereitung)
34. Seiffert, K.,
Weissner, R.,
Börsch, F. Lateral and Oblique Impact Influence
on Vehicle- and Occupant Protection,
IRCOBI Conference, Berlin 1977
35. Suren, E. G.,
Behrens, D.,
Gotzen, L.,
Stürtz, G.,
Wanderer, K.,
Richter, K. Verletzungsbild - Ursache und
Mechanik beim Fahrzeugseitenauf-
prall, Langenbecks Arch. Chir.
Suppl. Chir. Forum, 1975
36. Verband der Haft-
pflichtversicherer,
Unfallversicherer,
Autoversicherer und
Rechtsschutzver-
sicherer e. V.
(HUK-Verband) Fakten zu Unfallgeschehen und Fahr-
zeugsicherheit, Methode der Un-
fallforschung der deutschen Auto-
versicherer und Ergebnisse einer
Untersuchung über 15000 Pkw-Un-
fälle mit Personenverletzung in
der Bundesrepublik Deutschland aus
dem Jahre 1974, München 1977
37. "Der Verkehrsunfall" Fachblatt für Kraftfahrzeug-
Sachverständige, hg. Max Danner
(u. a.), Jg. 1964-1978

38. Walz, F. H.,
Niederer, P. F.,
Zollinger, K.,
Renfer, A. Belted Occupants in Oblique and
Side Impacts, IRCOBI Conference,
Berlin 1977
39. Walz, F. H.,
Niederer, P. E.,
Thomas, C.,
Hartemann, F. Frequency and Significance of
Seat Belt Induced Neck Injuries
in Lateral Collisions, 25th Stapp
Car Crash Conference, 1981
40. Weymarn v., K. Verletzungsmuster bei gurtge-
schützten Pkw-Insassen, Diss.,
München 1976

LEBENS LAUF

- 23.08.1955: Geboren in Freising/Obb. als Sohn des Regierungsrats Norbert Steiger und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Herrmann.
- 1961 - 1965: Besuch der Volksschule in München-Obermenzing.
- 1965 - 1974: Besuch des Karlsgymnasiums in München-Pasing. Abschluß mit der Reifeprüfung.
- WS 74/75 -
WS 76/77: Studium der Chemie an der Universität München.
- SS 77 - WS 77/78: Studium der Medizin an der Med. Hochschule Hannover.
- SS 78 - SS 80: Studium der Medizin an der Universität Ulm.
- WS 80/81 -
SS 83: Studium der Medizin an der Universität München.
- 22.06.1983: III. Teil der Ärztlichen Prüfung (Staatsexamen).
- Seit 01.08.1983 bin ich als Assistenzarzt an der Abt. für Innere Medizin des Kreiskrankenhauses Freyung/Ndb. tätig.

